

MODELLVERSUCHE MIT LIGNIN AN
KÄLBERN, GEFLÜGEL UND RATTEN

RAINER STICH

Duss
München
1985

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter Leitung von
Prof. Dr. J. Gropp

**MODELLVERSUCHE MIT LIGNIN AN
KÄLBERN, GEFLÜGEL UND RATTEN**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Rainer Stich
aus
Wiesau

München 1984

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. W. Leidl

Referent: Prof. Dr. J. Gropp

Korreferent: Prof. Dr. Dr.habil. K. Osterkorn

Tag der Promotion: 22. Februar 1985

Herstellung: Hieronymus Buchreproduktions GmbH, München

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1.	EINLEITUNG	1
2.	SCHRIFTTUM	2
2.1	Lignin als natürlicher Rohstoff	2
2.1.1	Allgemeines	2
2.1.2	Chemie, Biosynthese und Abbau	3
2.1.3	Gewinnung von Lignin	6
2.2	Lignin als Futtermittelkomponente	9
2.2.1	Verdauung von Lignin	9
2.2.2	Lignineinfluß auf die Verdaulichkeit von Zellwandbestandteilen	12
2.2.3	Lignineinfluß auf die Verdaulichkeit der organischen Futtersubstanz	13
2.2.4	Lignin und Ligninderivate als Futterzusätze	13
2.2.5	Organosolv-Lignin als Futterzusatz	17
2.2.6	Therapeutische Möglichkeiten mit Lignin bei Durchfällen	19
3.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	21
3.0	Allgemeine Versuchsbedingungen	21
3.0.1	Versuchsdurchführung	21
3.0.1.1	Ratten-, Wachtel-, Hühnerversuch	21
3.0.2	Versuchsauswertung	21
3.1	Kälberversuch	22
3.1.0	Einleitung	22
3.1.0.1	Allgemeine Prinzipien der Kohlenhydratverdauung bei monogastrischen Tieren	22
3.1.0.2	Saccharose- und Fructoseverwertung bzw. -verträglichkeit beim Mastkalb	23
3.1.0.3	Anwendung des Modells "Fermentative Diarrhoe mittels Saccharose und Fructose beim Kalb"	25

3.1.1	Versuchsplan	25
3.1.1.1	Versuchsanlage	26
3.1.1.2	Versuchstiere	27
3.1.1.3	Versuchsdauer	28
3.1.1.4	Versuchskriterien	28
3.1.1.5	Tierhaltung	29
3.1.1.6	Fütterung	29
3.1.1.6.1	Fütterungsregime	29
3.1.1.6.2	Futterzusammensetzung	30
3.1.1.6.3	Analysierte und berechnete Gehalte an Inhaltsstoffen	33
3.1.1.7	Versuchsdurchführung	34
3.1.1.8	Analytik	35
3.1.1.8.1	Verdaulichkeit von Trockensubstanz und Rohprotein	35
3.1.1.8.2	Untersuchung des Blutplasmas auf Verfärbung	36
3.1.1.9	Versuchsverlauf	36
3.1.1.10	Versuchsauswertung	37
3.1.2	V Versuchsergebnisse	38
3.1.2.1	Gewichtsentwicklung und Futterverzehr	38
3.1.2.2	Kotkonsistenz und Nährstoffverdaulichkeit	43
3.1.2.3	Blutplasmauntersuchung	49
3.2	Rattenversuch	50
3.2.1	Versuchsplan	50
3.2.1.1	Versuchsanlage	50
3.2.1.2	Versuchstiere	51
3.2.1.3	Versuchsdauer	51
3.2.1.4	Versuchskriterien	51
3.2.1.5	Tierhaltung	52
3.2.1.6	Fütterung	52
3.2.1.6.1	Fütterungsregime	52
3.2.1.6.2	Futterzusammensetzung	52
3.2.1.7	Versuchsdurchführung	52

3.2.1.8	Analytik	54
3.2.1.8.1	Kottrockensubstanz	54
3.2.1.8.2	Untersuchung des Blutplasmas auf Verfärbung	54
3.2.1.9	Versuchsverlauf	54
3.2.1.10	Versuchsauswertung	55
3.2.2	V Versuchsergebnisse	56
3.2.2.1	Gewichtsentwicklung und Futterverwertung	56
3.2.2.2	Kottrockensubstanz	60
3.2.2.3	Blutplasmauntersuchung	60
3.3	Wachtelversuch	62
3.3.1	Versuchsplan	62
3.3.1.1	Versuchsanlage	62
3.3.1.2	Versuchstiere	62
3.3.1.3	Versuchsdauer	63
3.3.1.4	Versuchskriterien	63
3.3.1.5	Tierhaltung	64
3.3.1.6	Fütterung	64
3.3.1.6.1	Fütterungsregime	64
3.3.1.6.2	Futterzusammensetzung	64
3.3.1.7	Versuchsdurchführung	65
3.3.1.8	Analytik - Untersuchung des Blutplasmas auf Verfärbung	66
3.3.1.9	Versuchsverlauf	66
3.3.1.10	Versuchsauswertung	66
3.3.2	V Versuchsergebnisse	67
3.3.2.1	Gewichtsentwicklung	67
3.3.2.2	Legeleistung und mittleres Eigewicht	68
3.3.2.3	Dotterfarbe und Untersuchung am Eierstock	71
3.3.2.4	Blutplasmauntersuchung	73
3.4	Hühnerversuch	74
3.4.1	Versuchsplan	74
3.4.1.1	Versuchsanlage	74

3.4.1.2	Versuchstiere	74
3.4.1.3	Versuchsdauer	75
3.4.1.4	Versuchskriterien	75
3.4.1.5	Tierhaltung	76
3.4.1.6	Fütterung	76
3.4.1.6.1	Fütterungsregime	76
3.4.1.6.2	Futterzusammensetzung	76
3.4.1.7	Versuchsdurchführung	77
3.4.1.8	Analytik - Untersuchung des Blutplasmas auf Verfärbung	78
3.4.1.9	Versuchsverlauf	78
3.4.1.10	Versuchsauswertung	78
3.4.2	V Versuchsergebnisse	79
3.4.2.1	Gewichtsentwicklung und Futterverzehr	79
3.4.2.2	Legeleistung und Eigewicht	80
3.4.2.3	Dotterfarbe	85
3.4.2.4	Blutplasmauntersuchung	85
4.	DISKUSSION	87
4.1.	Kälbersuch	87
4.2	Rattenversuch	93
4.3	Versuche an Geflügel	95
5.	ZUSAMMENFASSUNG	98
5.1	SUMMARY	99
6.	ANHANG	100
7.	LITERATURVERZEICHNIS	101

1. EINLEITUNG

Hinsichtlich der Gewinnung von Naturstoffen für die industrielle Produktion erfahren umweltschonende Methoden und ein Recycling von Abfallstoffen zunehmende Bedeutung. Für manche dieser "Abfallstoffe" erscheint eine Verwertung über das Tier möglich, teilweise sogar angebracht.

Cellulose stellt den Grundstoff der Papierherstellung dar. Bei einem neuartigen Verfahren zur Celluloseproduktion aus Holz (Organosolv-Verfahren) fällt ein nahezu reines Lignin an.

In früheren Untersuchungen (OTT, 1983; GROPP et al., 1983) an Ferkeln und Kälbern war gezeigt worden, daß Lignin dieser Herstellung den Kottrockensubstanzgehalt erhöht. Daraus konnte eine Minderung der Durchfallanfälligkeit bzw. eine mögliche Durchfallprophylaxe mit Lignin bei Jungtieren abgeleitet werden.

In den zitierten Untersuchungen hatte sich an Ferkeln, nicht aber an Kälbern, als Begleiterscheinung der Ligninverabreichung eine blau-violette Plasmaverfärbung ergeben. Die Ursache dieses Effekts ist noch unbekannt. Möglicherweise kann er aber mit gezielten Produktderivierungen, die meist in nur sehr kleinen Mengen (Labormaßstab) anfallen, umgangen werden. Um dies untersuchen zu können, war die Etablierung eines Modells der Plasmaverfärbung an Labortieren (anstatt an Ferkeln) unerlässlich.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Ligninwirkung im Sinne einer Prophylaxe von diätetisch bedingten Durchfällen bei Kälbern zu untersuchen. Weiter sollte geprüft werden, inwieweit Tiermodelle der Plasmaverfärbung bei Ratten oder Wachteln zu etablieren sind. Da Lignin aber bei Wachteln zu einer ausgeprägten Verzehrsdepression führte, wurde auch noch ein Versuch an Legehennen angestellt.

2. SCHRIFTTUM

2.1 LIGNIN ALS NATÜRLICHER ROHSTOFF

2.1.1 Allgemeines

Lignin ist ein wesentlicher Bestandteil der pflanzlichen Zellwand. Sein Vorkommen erstreckt sich weit über das gesamte Pflanzenreich. Untersuchungen zeigten, daß Lignin bereits in so niederen Pflanzenformen wie Farnen und bestimmten Moosen enthalten ist, während es noch einfacheren Pflanzen (z.B. Algen) zu fehlen scheint (ERICKSON und MIKSCH, 1974; MIKSCH und YASUDA, 1978). Für die Gefäßpflanzen ist es ein unabdingbarer elementarer Baustoff, da es der Pflanze vor allem zu mechanischer Belastbarkeit und Druckfestigkeit verhilft. Wegen seiner weiten Verbreitung in der Pflanzenwelt gilt es im allgemeinen als die organische Substanz, die mengenmäßig am zweit häufigsten auf der Erde vorkommt, allein von Cellulose übertroffen (CRAWFORD und CRAWFORD, 1978).

Nicht zuletzt deswegen ist Lignin zum Gegenstand zahlreicher Untersuchungen geworden, weil es in Verbindung mit Cellulose (Lignin-cellulosen) eine nahezu unerschöpfliche Rohstoffquelle an Biomasse darstellt. So bietet z.B. die Biotransformation (Umwandlung durch Mikroorganismen) ein weites Feld an Möglichkeiten, Lignin-cellulose in wertvolle Energie- und Nährstoffquellen umzuwandeln. Der biologische Umbau von Lignin-cellulosen zu Methan (ROBBINS et al., 1979), Glucose (MANDELS et al., 1971), Einzelzuckerprotein (MOO-YOUNG et al., 1979) und die Nutzbarmachung von hochgradig verholzten Pflanzenteilen für die Wiederkäuerernährung (ZADRAZIL, 1977) seien stellvertretend genannt. Physikalisch-chemische Aufarbeitungsweisen von Lignin-cellulosen ergänzen bzw. erweitern das Einsatzgebiet der mikrobiellen Transformation. Auch hier stehen verschiedenste Techniken zur Diskussion

(z.B. SELKE et al., 1983; SHAFIZADEH, 1983). Letztlich scheinen sich auch Möglichkeiten abzuzeichnen, technisch gewonnenes Lignin in wertvolle organische Verbindungen (z.B. Benzole, Phenole, C₁-C₇ Gase) umsetzen zu können (GOLDSTEIN, 1975; GENDLER et al., 1983).

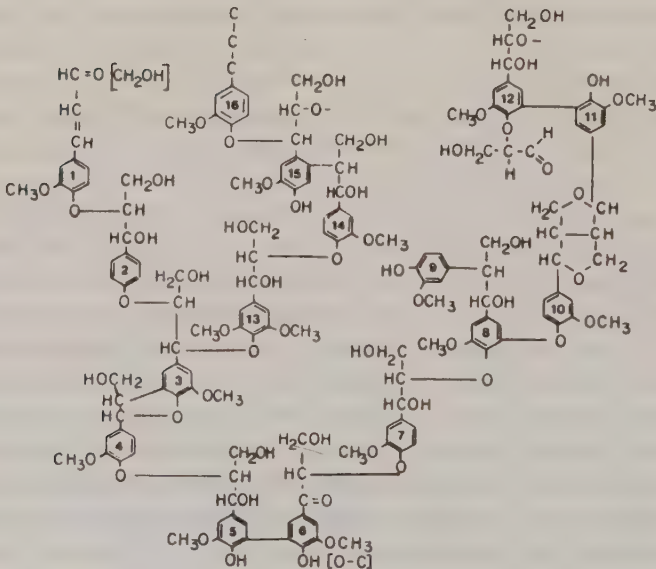
2.1.2 Chemie, Biosynthese und Abbau

Die sowohl für die mechanische Stabilität der Zellwand als auch für die typische Erscheinungsform des Holzes verantwortlichen Komponenten einer Pflanze sind die Cellulose, die Polyosen und das Lignin. Cellulose und Polyosen (Hemicellulosen) zählen chemisch zu den Polysacchariden und damit zu den Kohlenhydraten. Im Gegensatz dazu steht das Lignin. Es wird nicht mehr zu den Kohlenhydraten gerechnet, da seine Bausteine keine Zuckermoleküle sondern Phenylpropan-Einheiten darstellen. Die aromatische Natur der phenolischen Untereinheiten macht Lignin zu einer hydrophoben Verbindung. Der Anteil der genannten Komponenten in den verschiedenen Holzarten schwankt nach THOMAS (1983) für Lignin zwischen 20 - 30 %, für Cellulose zwischen 45 - 50 % und für die Polyosen in einem Bereich von 20 - 25 %.

Nach CRAWFORD (1981) haben sich insbesondere FREUDENBERG (1968) und, auf dessen Vorleistungen aufbauend, SARKANEN und LUDWIG (1971) um die Aufklärung der chemischen Struktur von Lignin verdient gemacht. Lignin ist ein Polymerisationsprodukt aus Abkömmlingen des Zimtalkohols: Coniferyl-, Sinapyl- und p-Coumarylalkohol. Diese sind zu einem komplexen, verzweigt-kettigen, 3-dimensionalen Netzwerk verknüpft. Die artspezifische Abstammung einer Pflanze bestimmt das Verhältnis der einzelnen Bausteine zueinander im Ligninmolekül (FREUDENBERG, 1968). Folglich unterscheiden sich die Ligninmoleküle verschiedener Pflanzenarten erheblich in ihrem Molekulargewicht und ihrer Zusammensetzung.

Der Begriff Lignin umfaßt somit eine Vielzahl von durchaus unterschiedlichen Lignintypen. Für Fichtenholz liegt der Anteil an Coniferylalkohol zwischen 80 % (FREUDENBERG et al., 1962) und 94 % (ERICKSON et al., 1973), wodurch die beiden anderen Komponenten nur mehr zu geringen Teilen vertreten sind. In Buchenholz besteht nach NIMZ (1974) eine relative Ausgewogenheit zwischen Coniferyl- und Sinapylalkohol (56 : 40 %); Coumarylalkohol tritt mit 4 % Anteil deutlich in den Hintergrund. Das Lignin der Gräser jedoch besitzt nach SARKANEN und HERGERT (1971) relativ große Mengen (30 %) an Coumarylalkohol-Abkömmlingen. Einen charakteristischen Ausschnitt aus Coniferen-Lignin, wie ihn ADLER (1977) beschrieb, zeigt Abbildung 1.

Abbildung 1: Strukturschema des Coniferen-Lignins
(aus CRAWFORD, 1981: nach ADLER, 1977)



Die Biosynthese des Lignins ist heute vom CO_2 bis hin zum komplexen Ligninmolekül bekannt (HIGUCHI et al., 1977). Aus Kohlendioxid entstehen dabei zunächst über einige Zwischenverbindungen die Aminosäuren L-Phenylalanin und L-Tyrosin. Sie sind die eigentlichen Ausgangspunkte für die weitere Synthese der Ligninbausteine. Aus diesen Aminosäuren können dann über die Zimtsäure die p-Coumarsäure, die Ferulasäure und die Sinapinsäure gewonnen werden, die letztlich in ihre zugehörigen Alkohole, p-Coumaryl-, Coniferyl- und Sinapylalkohol, umgebaut werden. Sie sind als die Monomere des Lignins anzusehen. Durch das Einwirken von Peroxidasen entstehen aus diesen aromatischen Alkoholen freie Radikale, die sich dann ohne weitere enzymatische Steuerung spontan - über kovalente Bindungen - zu einem Ligninmolekül polymerisieren. Aus diesem Mechanismus wird ersichtlich, weshalb die Struktur von Lignin nur durch die Häufigkeit und die Reaktionsmöglichkeiten der einzelnen Radikale bestimmt wird.

Die Polymerisation des Ligninmoleküls kann immer erst an der Stelle ablaufen, an der Verholzung stattfinden soll, da ein fertiges Ligninmolekül nicht mehr beweglich ist. Zu diesem Zweck müssen die einzelnen Bausteine erst vom Kambium zum Ort der Biosynthese im Xylem transportiert werden. Die Transportform dafür stellen Glycoside dar (GRISEBACH, 1977), da die alkoholischen Formen nicht wasserlöslich sind. Die Einlagerung des Lignins in die Zellwand erfolgt in das schon bestehende Cellulosegerüst, das vor allem auf Zugfestigkeit ausgerichtet ist. Dem Lignin kommt die Funktion einer druckstabilisierenden Füllsubstanz zu. Die Polyosen fungieren als Bindeglied zwischen dem Cellulose- und Ligninsystem. Modelle für diesen Aufbau einer Zellwand wurden von verschiedenen Autoren entwickelt (FENGEL, 1970; KERR und GORING, 1975; PAGE, 1976). Bindungsmöglichkeiten zwischen Lignin und Cellulose scheint es demnach in der natürlichen Zellwand nicht in entscheidendem Ausmaß zu geben.

Im Gegensatz zur Biosynthese von Lignin ist das Wissen um seinen biologischen Abbau noch immer weitgehend auf Vermutungen gestützt (CRAWFORD, 1981). Es sind daran vor allem Pilze, aber auch Bakterien beteiligt. Da Lignin gegen mikrobielle Zersetzung sehr widerstandsfähig ist, verläuft der natürliche Abbau sehr langsam. Er scheint auch in großem Maße vom umgebenden Milieu abhängig zu sein. Dennoch wurden zahlreiche Spezies von Pilzen gefunden, denen es möglich ist, Lignin unter geeigneten Bedingungen letztlich in CO_2 und H_2O zu zerlegen. Sie werden unter der Bezeichnung "white-rot fungi" zusammengefaßt. Phenoloxidasen scheinen ein gemeinsames Merkmal dieser Pilzarten zu sein (KIRK, 1971).

2.1.3 Gewinnung von Lignin

Lignin kann heute auf vielfältige Weise durch die verschiedensten Verfahrensweisen aus Holz gewonnen werden. Zwei grundlegenden Prinzipien lassen sich erkennen: Zum einen die Herauslösung des Lignins aus seinem Celluloseverband mittels geeigneter Lösungsmittel, zum anderen die Freisetzung von Lignin durch Abbau (chemisch oder biologisch) des Cellulosegerüsts. Nach ihrem Verwendungszweck werden die Ligninprodukte in analytische und technische Lignine unterteilt. Analytische Lignine sind unter diesem Aspekt Materialien, die eigens für wissenschaftliche Untersuchungen in labormäßiger Arbeitsweise in relativ kleinen Mengen isoliert werden, während technische Lignine in der Zellstoffindustrie bei der Cellulosegewinnung als Abfall- oder Nebenprodukte in verhältnismäßig großen Mengen anfallen.

Es sollen nun zunächst einige Beispiele für analytische Lignine genannt werden. Milled wood lignin (MWL) wird im allgemeinen als das dem Naturzustand von Lignin am nächsten kommende angesehen. Zu seiner Gewinnung wird Holz in einer Kugelmühle zu feinem

Holzmehl gemahlen und dabei das starre Cellulosegerüst zertrümmert, wodurch das Lignin besser zugänglich wird. Lignin wird dann auf schonende Weise mit organischen Lösungsmitteln (z.B. Dioxan) herausgelöst. Dieses von BJÖRKMANN (1956, 1957) entwickelte Verfahren gibt es heute in mehreren Modifikationen (GLASSER und BARNETT, 1979; WEGENER und FENGEL, 1977). MWL ist besonders gut für Strukturuntersuchungen von Lignin geeignet. Andere Techniken verzichten auf eine so starke mechanische Zerkleinerung und setzen Lignin frei, indem Cellulose und Hemicellulosen durch säurehydrolytische Spaltung abgebaut werden. Das Lignin wird dabei sehr stark verändert oder derivatisiert, wodurch es sich vor allem für quantitative Bestimmungen anbietet. Häufig eingesetzte Säuren sind 72 %ige Schwefelsäure (RUNKEL und WILKE, 1951) und konzentrierte Trifluoressigsäure (TFE) (FENGEL et al., 1978). Das "Cellulase-Lignin" wird auf biologischem Wege gewonnen. Dafür wird Holzmehl mit einer Cellulase-Hemicellulase-Kombination vermengt, welche den größten Teil an Polysacchariden abbaut (PEW und WEYNA, 1962). Allerdings bleibt im allgemeinen ein Rückstand von 12 - 14 % an Kohlenhydraten. Ähnlich arbeiten Verfahren, die mit Hilfe von Pilzen (brown-rot fungi) Lignin freisetzen.

Diesen analytischen Ligninen gegenüber stehen die technischen Lignine. Sie fallen bei der Cellulosegewinnung an. Die Papierindustrie setzt dafür heute vor allem zwei Techniken ein, das Sulfit- und das Sulfatverfahren. Beim Sulfitverfahren wird das Lignin durch Sulfonierung mittels schwefliger Säure in lösliche Abbauprodukte zerlegt und kann so von der Cellulose getrennt werden. Beim Sulfatverfahren wirken starke Basen (z.B. NaOH) auf die Lignincellulosen ein, wodurch lösliche Alkalilignine entstehen, die dann mit der Ablauge entfernt werden können (PRAETORIUS, 1954). Die Produkte aus beiden Verfahren können allerdings kaum mehr als Lignine bezeichnet werden, sondern bestenfalls als Ligninderivate.

In neuerer Zeit gewinnt eine weitere Methode an Bedeutung, die sowohl die Cellulose als auch das Lignin in schonender Weise freisetzt, das Organosolv-Verfahren. Damit kann Lignin in großtechnischer Produktionsweise in weitgehend natürlichem Zustand verbleibend produziert werden, bei unverändert guter Cellulosequalität (FECKL, 1982a). Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß es aus ökologischer Sicht umweltfreundlicher arbeitet als die Sulfit- bzw. Sulfatverfahren, da bei diesen die Emission von bedenklichen und für die Anwohner lästigen Schwefelverbindungen nicht verhindert werden kann (FECKL, 1982b). Beim Organosolv-Aufschluß werden aus dem vorzerkleinerten Holz das Lignin und die Polyosen mit einem organischen Lösungsmittel (Äthanol/Wasser-Gemisch) ohne chemischen Abbau herausgelöst, während die Cellulose in festem Zustand verbleibt. Durch Eindampfen des abgeleiteten Lösungsmittels präzipitiert das Lignin und kann abgefiltert werden (KLAUSMEIER, 1983). In einem modifizierten Organosolv-Verfahren (FECKL, 1982b) kann das Lignin aus zwei Verfahrensschritten gewonnen werden. Im ersten Schritt fällt es in neutraler oder schwach saurer Lösung an und kann durch Verdünnen oder Abdampfen des Lösungsmittels gewonnen werden. Beim zweiten Schritt fällt das Lignin in alkalischer Lösung an und wird durch Neutralisieren ausgefällt. Das Endprodukt ist ein chemisch nahezu unverändertes Lignin, das auch in seinen strukturellen Eigenschaften gut erhalten bleibt (FENGEL et al., 1981b). Seine Molekülmasse liegt in einem Bereich von 600 - 35000 (WEGENER, 1980).

Für alle hier aufgeführten Ligninproduktionstechniken gilt, daß die gewonnene Substanz immer noch mit Resten von Polysacchariden verunreinigt ist. Sie scheinen teilweise in einem Komplex mit Lignin vorzuliegen (FECKL, 1981), der nur durch starke Veränderung des Lignins gelöst werden kann. So enthält z.B. Fichtenlignin (MWL) noch 1,2 %, Organosolv-Lignin von Fichtenholz noch 0,7 % Polysaccharidanteil (FENGEL et al., 1981a).

Aus allem bisher Beschriebenen geht hervor, daß sich die durch verschiedene Techniken isolierten Lignine doch erheblich unterscheiden können. Zu ihrer Charakterisierung wurden viele Untersuchungsmethoden sowohl chemischer, chemisch-physikalischer als auch elektronenmikroskopischer Natur entwickelt. Sie sind bei FECKL (1981) und FENGEL et al. (1981a,b) zusammengestellt und erläutert. Es muß nicht mehr gesondert betont werden, wie wichtig es deshalb ist, das in Untersuchungen eingesetzte Lignin in seiner Herstellungsart zu charakterisieren, um Ergebnisse verschiedener Autoren vergleichen zu können.

Für die Versuche der vorliegenden Arbeit wurde Lignin aus Fichtenholz eingesetzt, das nach dem modifizierten Organosolv-Verfahren (FECKL, 1982b) gewonnen wurde und eine Ligninmischung aus den Verfahrensstufen 1 und 2 darstellt.

2.2 LIGNIN ALS FUTTERMITTELKOMPONENTE

2.2.1 Verdauung von Lignin

Lignin kommt in der natürlichen pflanzlichen Ernährung nur in Verbindung mit anderen Gerüststoffen und Zellwandbestandteilen (Cellulose, Hemicellulose) vor. Ein Teil dieser Substanzen wird im Begriff der "Rohfaser" zusammengefaßt, der seinen Ursprung in der Weender-Analyse hat. Mit der Rohfaserbestimmung werden ca. 50 - 80 % der Cellulose, 10 - 50 % des Lignins und etwa 20 % der Hemicellulose erfaßt (VAN SOEST und McQUEEN, 1973). Einige Arbeitsgruppen versuchten dieses Verfahren durch bessere Methoden abzulösen, so daß heute viele Begriffe existieren (Rohfaser, Ballaststoffe, Dietary Fiber usw.), die sich auf pflanzliche Gerüststoffe beziehen, inhaltlich aber Verschiedenes bedeuten. Eine Gegenüberstellung dieser Begriffe findet sich bei KROMBACH

(1981). In ihnen ist Lignin als Komponente immer miterfaßt. Deshalb beziehen sich Studien über die Verdaulichkeit von pflanzlichen Faserstoffen gleichzeitig auch auf das enthaltene Lignin. Natürlich können deswegen noch keine Rückschlüsse auf die Wirkung des Lignins an sich gemacht werden, da das Zusammenwirken der verschiedenen Komponenten der Gerüststofffraktion zu komplex ist.

Lignin kann, wie auch Cellulose und Hemicellulose, von den Enzymen des Verdauungstraktes nicht abgebaut werden. Im Gegensatz zu den genannten Polysacchariden ist es aber auch gegen mikrobielle Einwirkung sehr resistent, so daß es für Monogastrier als unverdaulich angesehen wird (GORDON, 1978; FONNESBECK et al., 1974). Allerdings fanden SCHNEIDER und KIRCHGESSNER (1978) in untersuchten Schweinefuttermitteln eine durchschnittliche Ligninverdaulichkeit von 24 %. Sie stellen diesen Wert aber selbst in Frage und konstatieren, daß er den tatsächlichen Gegebenheiten nicht gerecht werden dürfte.

Auch für Wiederkäuer gibt es gegensätzliche Ansichten. So sind GRANT et al. (1974) und FAHEY et al. (1979, 1980) der Ansicht, daß Lignin in unterschiedlichen Mengen verdaut oder abgebaut wird, während andere (CRAMPTON und MAYNARD, 1938; FORBES und GARRIGUS, 1948; KANE et al., 1950) berichten, daß Lignin unverdaulich ist. HALE et al. (1940) beobachteten eine Ligninverdaulichkeit bis 24 %, die sich allerdings nicht im Pansen abspielte. Die geringen Mengen an Lignin, die absorbiert werden können, werden nach CRAMPTON (1940) wieder mit dem Harn ausgeschieden.

Mögliche Fehlerquellen bei der Bestimmung der Ligninverdaulichkeit sehen FAHEY und JUNG (1983) einmal in einer "scheinbaren Verdaulichkeit" von Lignin, die durch die Ausbildung von löslichen Lignin-Polysaccharid-Komplexen im Verdauungstrakt verursacht wird. Die gelösten Komplexe werden dann bei der Untersu-

chung der Rohfaserrückstände im Kot auf Lignin nicht miterfaßt. Weitere Ursachen einer "scheinbaren Verdaulichkeit" liegen in der teilweisen Zerstörung von im Kot enthaltenen Lignin durch die Chemikalien der analytischen Untersuchungen und in den Veränderungen am Ligninmolekül während der Passage im Verdauungstrakt, wodurch sich das Ausgangslignin im Futter doch erheblich in chemischer und/oder physikalischer Hinsicht von Lignin im Kot unterscheiden kann. GORDON (1978) nennt Beispiele für solche möglichen Veränderungen am Ligninmolekül. So sollen durch die Verdauungsvorgänge funktionelle Gruppen (v.a. Hydroxyl- und Methoxylgruppen) und zudem Ferulasäure und in geringerem Ausmaß p-Coumarsäure verloren gehen.

Ungeachtet dieser unterschiedlichen Auffassungen über die Veränderungen am Ligninmolekül im Verdauungstrakt wird Lignin doch häufig, wenn auch mit wechselndem Erfolg, als Indikator in Verdauungsversuchen eingesetzt (KANE et al., 1950; KOTB und LUCKEY, 1972; MUNTIFERING, 1982; FAHEY und JUNG, 1983).

Obwohl Lignin von verschiedenen Autoren als teilweise verdaulich angesehen wird, findet sich doch kein Hinweis darauf, daß es für die Ernährung des Säugers (z.B. als Energiequelle) dienlich sein könnte. Im Gegensatz dazu berichten BUTLER und BUCKERFIELD (1979) über Untersuchungen an Termiten. Im Verdauungstrakt dieser Insekten sollen anaerobe Bakterien ihren Sitz haben, die Lignin in seine phenolischen Monomere spalten können. Die Spaltprodukte können dann von den Termiten absorbiert und zu CO_2 oxidiert werden.

2.2.2 Lignineinfluß auf die Verdaulichkeit von Zellwandbestandteilen

Der Rohfaser- und Ligningehalt einer Pflanze erhöht sich im Laufe des Wachstums und mit zunehmendem Alter. Dabei sinkt mit steigendem Ligningehalt die Verdaulichkeit der Zellwandbestandteile, indem die Verwertung von Cellulose und Hemicellulose verschlechtert wird (GORDON, 1978). Dies kann sich auch in einer schlechteren Trockensubstanzverdaulichkeit ausdrücken. Mögliche Ursachen dafür beschreiben JUNG und FAHEY (1983). Lignin behindert einmal den Abbau der Zellwand-Kohlenhydrate, weil es durch die Inkrustierung des Cellulosegerüsts den Zugang der Enzyme zum Substrat auf mechanischem Weg behindert. Zum anderen entstehen in der Pflanze mit zunehmender Lignifizierung, infolge Ausbildung kovalenter Bindungen zwischen Lignin und den Polysacchariden, für Mikroorganismen kaum lösbare Verbindungen. Die Polysaccharide werden dadurch mit steigendem Ligningehalt schlechter verwertbar. Letztlich dürfte auch eine Rolle spielen, daß Lignin für die Mikroben im Verdauungstrakt einen toxischen Faktor darstellt.

Diese Korrelation - steigender Ligningehalt und fallender Verdauungsquotient für Zellwandbestandteile - dürfte sich vor allem beim Wiederkäuer auswirken. Für den Nicht-Wiederkäuer, der die Zellwand-Polysaccharide nur schlechter verdauen kann, scheinen noch andere Faktoren eine Rolle zu spielen, nämlich die Menge des aufgenommenen Futtermittels und sein Gehalt an Zellwandbestandteilen (VAN SOEST, 1967; KEYS et al., 1969). Anders ausgedrückt bedeutet dies, daß beim Nicht-Wiederkäuer dem Ausmaß der Verdauung an Zellwandbestandteilen unter Umständen so enge Grenzen gesteckt sein können, daß Lignin als limitierender Faktor keine Rolle mehr spielen kann. Dadurch wird, wenn die Verdauungskapazität für Zellwandbestandteile überschritten wird, der Verdauungsquotient dafür abfallen, selbst wenn der Ligningehalt verringert wäre. Auf diesen Zusammenhang wurde auch von KEYS et al. (1970) Bezug genommen.

2.2.3 Lignineinfluß auf die Verdaulichkeit der organischen Futtersubstanz

Einen wesentlichen Faktor, der die Verdaulichkeit der organischen Substanz im Futter einschränken kann, sehen CHAVES et al. (1982) in Lignin. Sie kommen auf Grund ihrer Untersuchungen mit Schafen aber auch zu dem Ergebnis, daß nicht so sehr der Gehalt an Lignin per se die Verdaulichkeitsdepression bewirkt, sondern daß eine noch höhere Korrelation mit dem Gehalt an p-Coumarsäure gegeben ist. Ihr Vorschlag ist deswegen, die p-Coumarsäure als wichtigen wertbestimmenden Faktor in einem Futtermittel anzusehen und dann Aussagen über die Futterqualität an Hand des p-Coumarsäure-Gehaltes zu machen. Einschränkend fügen die Autoren aber selbst hinzu, daß nach VAN SOEST (1965) solche Zusammenhänge bezüglich Verdaulichkeit und chemischer Futterbeschaffenheit als sehr Spezies-orientiert zu betrachten sind.

2.2.4 Lignin und Ligninderivate als Futterzusätze

Auf den Einfluß von Lignin-Hemicellulosen auf das Wachstum von Ratten machen McLAREN et al. (1973) und FAHEY et al. (1976) aufmerksam. McLAREN und Mitarbeiter hatten einen Lignin-Hemicellulose-Komplex aus Zuckerrohrmelasse isoliert und diesen zu einem Anteil von 0,03 % in die Basalration eines Rattenfutters eingemischt. Es zeigte sich, daß Ratten mit diesem Futter einer Kontrollgruppe im Wachstum um 20 % (signifikant) überlegen waren. Der Gruppe um FAHEY gelang es, diesen Lignin-Hemicellulose-Komplex chemisch in eine Lignin- und eine Hemicellulosefraktion aufzuspalten. Dann verfütterten sie den intakten Komplex und seine Fraktionen jeweils in Konzentrationen von 0,03 % an gerade abgesetzte Ratten. Die Ergebnisse zeigten, daß sowohl der intakte Lignin-Hemicellulose-Komplex als auch die reine Hemicellulosefraktion das Wachstum der Ratten stimulieren konnten, wohin-

gegen die Ligninfraktion keinen oder einen negativen Einfluß ausübte. Außerdem war ersichtlich, daß die Hemicellulosefraktion zwar eine Steigerung des Wachstums bewirkte, diese in ihrem Ausmaß aber hinter der des intakten Komplexes zurückblieb. Die Autoren leiten daraus eine gewisse Bedeutung von Lignin-Polysaccharid-Komplexen für die Ernährung ab. Unterstützt werden diese Aussagen von McLAREN et al. (1974), die eine "acid-resistant hemicellulose (ARH) fraction" (aus Maisspindeln gewonnen) zu einem Anteil von 0,05 % in das Futter von wachsenden Ratten einbrachten. Die Ratten waren in ihrer Lebendmassezunahme einer Kontrollgruppe signifikant (16 %) überlegen. Wie sich in der Folge herausstellte, handelte es sich bei dieser ARH-Fraktion um einen Komplex, der chemisch Lignin-Hemicellulosen sehr ähnlich war.

Den Einfluß einer Ligningabe zum Futter auf den Stickstoffgehalt von wachsenden Ratten haben SHAH et al. (1982) untersucht. Dazu hatten sie einer Kontrollgruppe zwei Vergleichsgruppen mit 3 und 6 % Ligninanteil gegenübergestellt und die Ligninanteile so ins Futter eingebracht, daß das Protein-Energie-Verhältnis konstant geblieben war. Für die Tiere mit 6 % Ligninanteil wurden signifikant schlechtere Gewichtszunahmen gemessen. Netto-Protein-Utilisation, scheinbare Stickstoffverdaulichkeit, wahre Stickstoffverdaulichkeit und die Biologische Wertigkeit des Futterproteins waren bei allen Lignintieren signifikant verschlechtert. Für beide Ligningruppen konnte eine signifikant erhöhte endogene N-Ausscheidung ermittelt werden. Als Erklärung für die Verschlechterung der Biologischen Wertigkeit nennen die Autoren die hydrophobe Struktur des Ligninmoleküls, durch die es möglicherweise essentielle Aminosäuren binden kann und diese so der Absorption im Darmtrakt entzieht.

Über die Möglichkeit einer Sorption von Aminosäuren an Lignin wird in diesem Zusammenhang von BERGNER et al. (1981) berichtet.

Sie konnten mit in vitro Experimenten eine deutlich bevorzugte Adsorption von Aminosäuren an Alkalilignin gegenüber Cellulose (als Vergleichssubstanz aus der Reihe der Zellwandbestandteile) nachweisen. Die Anlagerung der Aminosäuren scheint sowohl von der Molekülmasse als auch von den funktionellen Gruppen abhängig zu sein.

MORRISON et al. (1968) untersuchten die Futterverwertung eines Pelletierbindemittels, das sulfoniertes Lignin enthielt. Über das Ausmaß des Ligninanteils werden keine Aussagen gemacht (Zuckeranteil 44 %). Ein bis zu 5 %iger Zusatz dieser Pelletierhilfe zum Futter von Broiler-Eintagsküken zeigte keinen signifikanten Einfluß auf deren Gewichtszunahme und Futterverwertung. Dosierungen von 40 und 60 % bei 14 Tage alten Broiler-Küken bewirkten eine hohe Todesrate; die überlebenden Tiere waren stark abgemagert. Ab einem Anteil von 10 % dieses Bindemittels im Futter wurde verstärkte Diurese beobachtet. Bei 160 Tage alten Broilern waren Konzentrationen des Bindemittels ab 5 % im Futter mit signifikant schlechteren Gewichtszunahmen verbunden. Hier waren ab 5 % Bindemittelzusatz erste Anzeichen einer forcierten Diurese zu erkennen. Auf Grund ihrer Ergebnisse sehen die Autoren Konzentrationen von 1 - 2 % des Bindemittels im Futter als verträglich und problemlos an.

Untersuchungen über die Auswirkungen von Kraft-Lignin (Alkalilignin) auf den Mineralstatus und das Wachstum von Küken liegen von VAN DER AAR et al. (1983) und RICKE et al. (1982) vor. VAN DER AAR und Mitarbeiter konnten feststellen, daß ein 4 % Ligninzusatz zum Futter den Zink-Serum-Spiegel signifikant erhöhte, während ein 8 %iger Zusatz keine Veränderung gegenüber einer Kontrollgruppe verursachte. Außerdem wurde in beiden Ligningruppen in der Leber der getöteten Tiere ein signifikant erniedrigter Gehalt an Kupfer gemessen. Die Wachstumsversuche von RICKE et al. zeigten, daß ein Anteil von 4 und 8 % Lignin in der Ba-

salration (v.a. Maisstärke und Casein) bei 8 Tage alten Küken zu besserer Lebendmassezunahme und Futterverwertung als bei den Tieren der Kontrollration führten. Die gleichen Ergebnisse wurden gewonnen, wenn 5 und 10 % Lignin, diesmal in einer Basalration v.a. aus Mais und Sojaschrot bestehend, an Eintagsküken verfüttert wurden. Die Untersuchung des Blinddarminhalts der getöteten Küken ergab, daß die Lignintiere gegenüber der Kontrollgruppe signifikant niedrigere Gehalte an flüchtigen Fettsäuren aufwiesen. Diesen reduzierten Fettsäuregehalt führen die Autoren auf geringere mikrobielle Tätigkeit bzw. auf eine Veränderung in der Zusammensetzung der mikrobiellen Flora zurück, die aus den toxischen (für Mikroorganismen) und antibakteriellen Eigenschaften des Lignins resultiert. Dadurch könnten Bedingungen im Darmtrakt geschaffen worden sein, die eine bessere Ausnützung und Umsetzung der Nahrung zuließen und so die besseren Zuwachsraten ermöglichten.

Mit den Interaktionen von Lignin und Gallensäuren im Darmtrakt befassen sich GORDON (1978) und CHANG und JOHNSON (1980). Beide sind der Ansicht, daß Lignin Gallensäuren im Darmbereich binden und so ihre Rückresorption verhindern kann. Während GORDON durch diesen Eingriff von Lignin in den enterohepatischen Kreislauf von einer Senkung des Plasmacholesterinspiegels ausgeht, waren bei den Versuchen von CHANG und JOHNSON an Ratten keine Veränderungen des Cholesterinspiegels festzustellen. Auch OTT (1983) konnte in ihrem Versuch an Ferkeln keinen Einfluß auf den Plasmacholesteringehalt bemerken.

ROTSTEIN et al. (1981a) bewirkten mit einem Ligninzusatz zum Futter von Hamstern eine gesteigerte fäkale Lithocholsäure-Ausscheidung in Verbindung mit einem signifikant erniedrigten bilären Cholesterinspiegel. In einem anderen Versuch, ebenfalls an Hamstern, konnte eine Verhinderung der Bildung von Cholesteringallensteinen durch ligninhaltige Nahrung nachgewiesen werden (ROTSTEIN et al., 1981b).

Die Einflüsse von Strukturstoffen auf die Passagerate im Darmtrakt wurden von DROCHNER und HAZEM (1975) und DROCHNER (1979) an wachsenden Schweinen untersucht. Die 5 %ige Zulage eines ligninreichen Holzfaserstoffes (Holzschliff) bewirkte eine insgesamt beschleunigte Darmassage. Speziell im Magen-Dünndarmbereich kam es jedoch zu einer verlängerten Verweildauer. Außerdem führte die ligninreiche Zulage zu einem deutlich und signifikant erhöhten Wassergehalt im Ileum- und Caecuminhalt, der mit einem gesteigerten Natriumgehalt gekoppelt war. Über den Wassergehalt des Kots wurden keine Aussagen gemacht.

2.2.5 Organosolv-Lignin als Futterzusatz

Aus neuester Zeit liegen auch Untersuchungen mit Organosolv-Lignin im Tierversuch vor.

OTT (1983) untersuchte den Einfluß von Organosolv-Lignin auf Leistungsparameter und Nährstoffverdaulichkeit an Ferkeln. Dazu wurde Lignin zu verschiedenen Anteilen (bis 5 %) in die lysindefizitären Rationen eingemischt. In der 1,25 % Ligningruppe konnte eine signifikant verbesserte Futterverwertung gegenüber der ligninfrei ernährten Kontrollgruppe gemessen werden. Mit steigendem Ligninzusatz wurde eine Verbesserung der Kotkonsistenz augenfällig, die mit einer Erhöhung der Kottrockensubstanz einherging. Dabei waren die Unterschiede in der Kottrockensubstanz zwischen den Ligningruppen und der Kontrollgruppe als signifikant anzusehen. Diese Befunde wurden als verringerte Durchfallanfälligkeit bewertet (Diarrhoe-Prophylaxe). Lignindosierungen über 1,25 % bewirkten eine signifikante und mit der Ligninkonzentration zunehmende Verdauungsdepression sowohl für die Futterrockensubstanz als auch für Rohprotein und Energie. Als Be-

gleiterscheinung wurde zum ersten Mal eine, mit steigendem Ligninzusatz an Intensität zunehmende, blau-violette Plasmaverfärbung und eine braun-rote Verfärbung des Harns beobachtet.

Ein Ferkelversuch von GROPP et al. (1983) mit einer 1,5 % Ligningruppe (Organosolv-Lignin) erbrachte vergleichbare Ergebnisse. Zwar konnte diesmal die Futterverwertung der Lignintiere gegenüber der Kontrollgruppe nicht verbessert werden, doch war auch hier eine deutliche Verbesserung des Kottrockensubstanzgehaltes bei den Lignintieren zu beobachten. Die Nährstoffverdaulichkeit war durch den 1,5 %igen Ligninzusatz nicht negativ beeinflusst. Auch in dieser Studie konnte eine blau-violette Plasmaverfärbung bei den Lignintieren nachgewiesen werden. Die Autoren beschreiben eine Methode, wie das Plasma aufbereitet werden kann, um die Verfärbung einer photometrischen Messung (und damit einer objektiven Untersuchung) zugänglich zu machen. Die Dosisabhängigkeit dieser Plasmaverfärbung konnte nachgewiesen werden.

Wie aus den Untersuchungen von OTT (1983) und GROPP et al. (1983) zu entnehmen ist, trat die blau-violette Plasmaverfärbung bei Ferkeln sowohl bei Verwendung von Lignin der Verfahrensstufen 1 oder 2 als auch bei einer Ligninmischung aus beiden Verfahrensstufen auf.

Zusätzlich wurde von GROPP et al. (1983) die Auswirkung einer Ligningabe auf milchernährte Kälber geprüft. Hierfür wurde Lignin in Konzentrationen von 2,5 und 5 % in die Milchaustauschtränke eingerührt. Auch bei den Kälbern konnte mit diesen Ligningaben die Kottrockensubstanz gegenüber einer Kontrollgruppe verbessert werden. Die Verdaulichkeit für Futtertrockensubstanz und Rohprotein nahm mit steigender Ligninzulage ab. Eine Plasmaverfärbung, ähnlich wie beim Ferkel, konnte beim Kalb nicht nachgewiesen werden.

2.2.6 Therapeutische Möglichkeiten mit Lignin bei Durchfällen

Über die therapeutische Wirkung von ligninhaltigen Präparaten bei durchfallkranken Patienten liegen schon seit längerer Zeit Erfahrungen aus der Humanmedizin vor (BRAUN, 1947). BRAUN untersuchte "Perlisan", eine hauptsächlich aus Lignin bestehende, von Cellulose befreite Substanz, die aus Pflanzeninkrusten gewonnen wurde und speziell aufbereitet war, um sie oral an Menschen applizieren zu können. Seine antidiarrhöische Wirkung beruht vor allem auf seinen physikalisch-morphologischen Eigenschaften. "Perlisan" kann durch seine große Oberfläche starke Adsorptionskräfte entfalten und so Bakterien, bevorzugt *E. coli*, an sich binden. Auf diese Weise kann es bei der Magen-Darm-Passage die Keimzahl im Darm verringern. BRAUN setzte "Perlisan" bei Patienten mit Durchfällen verschiedener Genese ein (akute infektiöse Gastroenteritiden, gastrogene Diarrhoen, Nahrungsmittelintoxikationen, Magenkarzinome). Dabei konnten die Durchfälle beseitigt oder zumindest gebessert werden. Die bakteriologische Untersuchung von Magen- und Duodenuminhalten der Patienten ergab eine wesentliche Reduktion der Keimzahl, in manchen Fällen bis zur Keimfreiheit. Je nach Ätiologie der Durchfälle konnten Rezidive verhindert werden.

Die therapeutischen Möglichkeiten von "Porlisan" ("Perlisan" wurde 1955 in "Porlisan" umbenannt) bei Saug- und Absatzferkeln wurden von SCHÜRMANN (1971) geprüft. Dazu setzte er in alternierender Reihenfolge "Porlisan" oder ein antibiotikahaltiges Vergleichspräparat bei 1496 durchfallkranken Ferkeln ein. Im Vergleich der beiden Präparate konnte mit "Porlisan" ein signifikant besserer Heilerfolg erzielt werden. Auch Ferkel mit dem klinischen Bild einer Coli-Enterotoxämie gesunden. Bei prophylaktischer Applikation an nichterkrankte Wurfgeschwister von durchfallkranken Tieren konnte in allen Fällen eine weitere Ausbreitung im Wurf verhindert werden.

Zur Zeit laufen an der Klinik für Kleine Klauentiere der Tierärztlichen Hochschule Hannover Feldversuche mit durchfallkranken Ferkeln. An diesen soll der therapeutische Effekt von Lignin (oral verabreicht) studiert werden (SCHIBALSKI, 1982).

KLONER (1984) untersuchte den durchfallvermindernden Effekt einer Ligningabe (Organosolv-Lignin) bei Ferkeln mit infektiös bedingten Diarrhoen. Dazu wurden 140 Ferkel mit 10^{10} Bakterien (*E. coli*) oral infiziert. Nach zwei Tagen traten bei der Mehrzahl der Tiere Durchfallsymptome auf. Eine Tiergruppe, bei der der prophylaktische Effekt von Lignin geprüft werden sollte, hatte Lignin seit der Aufstallung in Dosierungen von 1,5 und 4,5 % im Futter erhalten. Eine Therapiegruppe erhielt Lignin zu Anteilen von 3 und 6 % im Futter nach dem Auftreten der ersten Durchfallerscheinungen, also ab dem zweiten Tag post infectionem. Diesen Gruppen mit ligninhaltigem Futter waren eine Negativ-Kontrollgruppe (ligninfrei und keine Therapie) und eine Positiv-Kontrollgruppe (Durchfalltherapie mit Antibiotika und teilweisem Futterentzug) gegenübergestellt worden. Sowohl in der Therapiegruppe als auch in der Prophylaxegruppe mit Lignin verbesserten sich Kotkonsistenz und Kottrockensubstanzgehalt signifikant gegenüber der Negativ-Kontrollgruppe. Diese Abnahme der Durchfallerscheinungen entsprach in etwa dem Effekt, der mit antibiotikahaltigen Präparaten erzielt werden konnte. In Bezug auf Wachstum und Futterverwertung erschienen der 1,5 und 3 % Ligninzusatz am erfolgreichsten. Für die Trockensubstanz- und Rohproteinverdaulichkeit ergaben sich in der 6 % Ligningruppe signifikant schlechtere Ergebnisse. KLONER hält auf Grund seiner Ergebnisse vor allem eine Durchfallprophylaxe mit Lignin für erwägenswert, wobei sinnvolle Dosierungen in einem Bereich von 1,5 - 3 % Lignin im Futter angesiedelt sein dürften.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.0 ALLGEMEINE VERSUCHSBEDINGUNGEN

3.0.1 Versuchsdurchführung

Für alle beschriebenen Versuche wurde ausschließlich Organosolv-Lignin der Verfahrensstufen 1 und 2 (FECKL, 1982b) verwendet (siehe auch 2.1.3).

Alle Tierwiegungen erfolgten mit elektronischen Wiegesystemen mit angeschlossenem Drucker und einstellbarer Integrationszeit. Für den Ratten- und Wachtelversuch wurde eine Waage vom Modell "Mettler PL 3000" (Integrationszeit 1,8 s, d = 0,1 g), für den Hühnerversuch eine "Mettler PS 15" (Integrationszeit 2 s, d = 1 g) eingesetzt. Im Kälberversuch wurde eine Waage der Firma "Bayr. Waagenbau" verwendet (Integrationszeit 2 s, d = 0,1 kg).

3.0.1.1 Ratten-, Wachtel-, Hühnerversuch

Die Versuchsrationen wurden auf der institutseigenen Mischanlage hergestellt. Die Versuchstiere erhielten Futter und Wasser zur freien Aufnahme. Für die Verteilung der einzelnen Versuchsgruppen bzw. Wiederholungen im Raum wurde in allen Versuchen nach den Gesichtspunkten Mikroklima und Beleuchtungsintensität vorgegangen.

3.0.2 Versuchsauswertung

Soweit nicht anders vermerkt, beziehen sich die angegebenen Mittelwerte mit Standardabweichung auf die Wiederholungsmittelwerte.

Statistische Prüfungen wurden mit dem parameterfreien U-Test nach WILCOXON, MANN und WHITNEY durchgeführt (SACHS, 1974). Signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) zwischen korrespondierenden Werten sind in den Tabellen durch verschiedene Buchstabenindices gekennzeichnet.

3.1 KÄLBERVERSUCH

3.1.0 Einleitung

Wie sich in vorausgegangenen Versuchen an Ferkeln (OTT, 1983; GROPP et al., 1983) und Kälbern (GROPP et al., 1983) zeigte, ist es möglich, durch Ligninzugaben zum Futter zwischen 1,5 - 5 % die Kotkonsistenz im Vergleich zu einer Kontrollgruppe zu verbessern und die Kottrockensubstanz zu erhöhen. Als Bezug für die Wirkungsermittlung in diesen Versuchen dienten allerdings immer Tiere, die sich hinsichtlich ihrer Kotkonsistenz im physiologischen Bereich bewegten, also keine Durchfallerscheinungen aufwiesen.

Ziel dieses Versuchs war deshalb, Aussagen über den Lignineffekt in verschiedenen Durchfallsituationen zu finden. Dazu sollte ein Modell der fermentativen Diarrhoe entwickelt werden.

3.1.0.1 Allgemeine Prinzipien der Kohlenhydratverdauung bei monogastrischen Tieren

Beim Mastkalb gelangt die Milchnahrung unter Umgehung der noch nicht voll entwickelten Vormägen (Schlundrinnenreflex) unverändert in Labmagen und Dünndarm. Deshalb werden Kälber, die ausschließlich mit Tränkmilch ernährt werden und so noch einen intakten Schlundrinnenreflex besitzen, trotz ihrer Zugehörigkeit zur Familie der Wiederkäuer ernährungsphysiologisch als "Monogastrier" behandelt und als "Pseudomonogastrier" bezeichnet. Für ihre Verdauungsarbeit stehen ihnen demnach nur die wirtseigenen Enzyme des Verdauungskanals zur Verfügung, während die Verdauung des ruminierenden Artgenossen entscheidend vom Vormagengeschehen und der Vormagenflora beeinflusst ist.

Die Kohlenhydratverdauung beim Monogastrier ist im wesentlichen auf den Dünndarm beschränkt (Ausnahme Schwein) und läuft in zwei Schritten ab (bei GROPP, 1973). Für die "intraluminale Phase" wird die im Pankreas gebildete, stärke-spaltende α -Amylase mit dem Pankreassaft ins Darmlumen abgegeben. Sie baut Stärkemoleküle zu Disacchariden ab. Diese Spaltprodukte und auch die originalen Nahrungsdisaccharide werden dann in der "Bürstensaumphase" von den Disaccharidasen zu Monosacchariden hydrolysiert. Die Disaccharidasen (Maltase, Lactase, Saccharase, Isomaltase und Trehalase) sind an der Oberfläche der Darmmucosazellen lokalisiert und über die gesamte Dünndarmschleimhaut verteilt. Nur diese Endprodukte der enzymatischen Tätigkeit (Einfachzucker) oder bereits in der Nahrung enthaltene Monosaccharide können von der Darmschleimhaut resorbiert werden. Die Resorption von Glucose und Galactose verläuft dabei gegen einen Konzentrationsgradienten über ein energieverbrauchendes Transportsystem (aktiver Transport), während der Fructosetransport mit dem Konzentrationsgefälle über erleichterte passive Diffusion erfolgt.

3.1.0.2 Saccharose- und Fructoseverwertung bzw. -verträglichkeit beim Mastkalb

Die Kohlenhydratverdauung des Wiederkäuers ist durch das völlige Fehlen von Saccharase in der Dünndarmmucosa gekennzeichnet (DOLLAR und PORTER, 1957; HUBER et al., 1961a; SIDONS, 1968). Zudem konnten GROPP (1973) und EBERHARD (1973) zweifelsfrei nachweisen, daß nach Saccharosegaben keine Veränderungen im Blutglucosespiegel (Portal- und Jugularblut) auftreten. Diese Aussagen belegen, daß Saccharose vom Kalb nicht verwertet werden kann.

Die Resorption von Fructose nach peroraler Gabe muß dagegen als bewiesen angesehen werden (VELU et al., 1960; SIDONS et al., 1969; GROPP, 1973). Allerdings verläuft die Resorption sehr

langsam, nur geringe Mengen werden resorbiert. In den ersten 7 - 8 Stunden nach Verabreichung einer Fructosetestmahlzeit werden 10 - 30 % der verabreichten Fructosemenge in den Faezes wieder aufgefunden (GROPP, 1973).

Zur Verträglichkeit von Saccharose- und Fructosegaben liegen Studien verschiedener Autoren vor. VELU et al. (1960) berichten, daß 4,4 g Saccharose/kg KG in wäßriger Lösung, an 1 - 14 Wochen alte Kälber verabreicht, innerhalb von 2 Stunden zu schweren Durchfällen führten. Nach ca. 2 - 3 Stunden kann bei Kälbern im Alter von 50 Tagen nach einer Saccharosemahlzeit (4,4 g/kg KG in 5 %iger wäßriger Lösung) Durchfall beobachtet werden (HUBER et al., 1961b). Ähnliches gilt für Fructosegaben. Nach VELU et al. (1960) und SIDDONS et al. (1969) traten bei Kälbern im Alter von 7 Wochen bzw. 10 - 50 Tagen massive Durchfälle auf, wenn ihnen 4,4 g Fructose/kg KG in 2,25 l Wasser verabreicht wurden. Bei allen Kälbern, die 3 g Fructose/kg KG in 2 l Wasser erhalten hatten, trat binnen 3 - 4 Stunden Durchfall auf (GROPP, 1973). Nach neuerlichen Befunden von GROPP und ZUCKER (1984) kann auch mit Invertzuckersirupgaben zur Milchaustauschtränke bei Kälbern Durchfall provoziert werden.

Demnach ist bei Verabreichung von Saccharose und/oder Fructose an Kälber mit mehr oder weniger deutlich ausgeprägten fermentativen Diarrhoen zu rechnen. Den Mechanismus der fermentativen Diarrhoe hat man sich nach WELJERS und VAN DE KAMER (1965) sowie RADOSTITS und BELL (1970) folgendermaßen vorzustellen: Durch die starke Zunahme von Di- und Monosacchariden im Darminhalt kann sich die saccharolytische Flora (v.a. Lactobacillen) auf Grund des überhöhten Substratangebots entscheidend vermehren (Dysbakterie). Als Endprodukte ihrer fermentativen Tätigkeit entstehen große Mengen an niedermolekularen organischen Säuren (v.a. Essig- und Milchsäure). Dadurch kommt es zu schwerwiegenden osmotischen Veränderungen. Zudem führen die entstehenden Säuren und

der damit verbundene fallende pH-Wert zu einer Reizung der Darm-schleimhaut. Dies alles resultiert in einer Hyperperistaltik der Darmwand bei gedrosselter Wasserresorption und gesteigerter -se-kretion. Klinisch äußert sich dieses Geschehen in schweren wäß-rigen und fieberlosen Durchfällen.

3.1.0.3 Anwendung des Modells "Fermentative Diarrhoe mittels Saccharose und Fructose beim Kalb"

Wie aus dem vorher Beschriebenen hervorgeht, kann mit Saccharo-se- und Fructosegaben beim Kalb diätetischer Durchfall (fermen-tative Diarrhoe) provoziert werden. Deshalb wurden in Vorunter-suchungen (mit denselben Kälbern, die später in den Versuch ge-nommen wurden) die Auswirkungen von Saccharose- oder Saccharo-se-/Fructosegaben (mit den Mahlzeiten verabreicht) auf die Kot-konsistenz und die Kottrockensubstanz der Kälber beobachtet bzw. gemessen. Nachdem ausreichend sichergestellt war, daß mit diesen Kohlenhydraten reproduzierbar und dosisabhängig verschiedene Grade an Durchfall erzeugt werden konnten, wurde dieses Modell der fermentativen Diarrhoe (mit den in den Vorversuchen heraus-gefundenen entsprechenden Dosierungen) für die anschließenden Versuche ausgewählt.

3.1.1 Versuchsplan

An insgesamt zehn ca. zwölf Wochen alten Kälbern sollte mit Hil-fe von Saccharose- oder Saccharose-/Fructosegaben Durchfall ver-schiedener Intensität erzeugt und der Effekt einer Ligningabe auf den Kottrockensubstanzgehalt dieser durchfallkranken Kälber geprüft werden. Außerdem sollte die Verdaulichkeit ausgewählter Nährstoffe und die Blutplasmafarbe untersucht werden. Wachstums-rate, Futterverzehr und Futterverwertung wurden bestimmt.

3.1.1.1 Versuchsanlage

Der Gesamtversuch war in vier Versuchsabschnitte unterteilt, die im Folgenden als K1, K2, K3 und K4 bezeichnet werden.

In K1 und K2 wurden aus zehn Kälbern zwei Vergleichsgruppen zu je fünf Tieren gebildet. Die Kontrollgruppe wurde ligninfrei ernährt. Die Ligningruppe erhielt zusätzlich zum Milchaustauschfutter 5 % Lignin (5 % von der den Tieren zugeteilten Futtermenge).

Für K3 gilt das eben beschriebene Vorgehen, mit dem Unterschied, daß nur insgesamt acht Kälber auf zwei Gruppen zu je vier Tieren verteilt wurden.

Über K1 - K3 informiert Tabelle 1a.

Tabelle 1a: Versuchsanlage von K1, K2 und K3
Kontrollgruppe (Code-Nr.: (1)): ohne Lignin
Ligningruppe (Code-Nr.: (2)): 5 % Ligninzusatz

Versuchsteil	K1	K2	K3
Futter aus			
Milchaustauscher (%)*	75	81,25	90
Saccharose	20	15,00	10
Fructose	5	3,75	—
Tierzahl/Gruppe	5	5	4
Versuchsdauer (Tage)	5	5	5

* abzüglich 0,5 % Cr_2O_3

K4 unterscheidet sich insofern vom Schema der ersten drei Versuchsabschnitte, daß hier keine Gruppen gebildet wurden, sondern

diesmal alle Tiere (7 Kälber) gleichzeitig dasselbe Futter erhielten. K4 war in drei Intervalle aufgeteilt, von denen das erste fünf Tage, das zweite drei Tage und das dritte wiederum fünf Tage dauerte. In Intervall 2 wurden alle Tiere zusätzlich zur Milchaustauschtränke mit 5 % Lignin gefüttert (5 % von der ihnen zugeteilten Futtermenge), während sie in den Intervallen 1 und 3 ligninfrei ernährt wurden. Über K4 informiert Tabelle 1b.

Tabelle 1b: Versuchsanlage von K4
Futter: 95 % Milchaustauscher (mit 0,5 % Cr_2O_3)
5 % Saccharose

	Intervall 1 1.-5. Tag	Intervall 2 6.-8. Tag	Intervall 3 9.-13. Tag
Lignin (%)	0	5	0
Tierzahl	7	7	7

3.1.1.2 Versuchstiere

Die eingesetzten Versuchstiere, zehn Kuhkälber (Dt. Braunvieh), wurden mit einem Alter von ca. vier Wochen und einem Durchschnittsgewicht von 51 kg aufgestellt. Nach Ablauf einer Eingewöhnungsphase wurde mit den Vorversuchen (Prüfung des Durchfallgrades bei verschiedenen Saccharose- und Fructosekonzentrationen im Futter) begonnen.

Bei Versuchsbeginn betrug die durchschnittliche Lebendmasse 105,5 kg.

3.1.1.3 Versuchsdauer

Der Versuch wurde in vier Abschnitte (K1 - K4) aufgeteilt, die sich über tatsächliche 28 Versuchstage erstreckten. Da sie aber nicht zusammenhängend durchgeführt wurden, sondern auf K2 zehn versuchsfreie Tage und auf K3 acht Ruhetage folgten, ergab sich eine Gesamtdauer von 46 Tagen (28.9 - 13.11. 1983). Die eingelegten Unterbrechungen zwischen den Versuchsabschnitten (Zwischenperioden) erschienen sinnvoll, um den Kälbern, die teilweise sehr heftige Durchfallerscheinungen aufgewiesen hatten, eine ausreichende Normalisierungszeit zu gewähren.

K1:	5 Tage
K2:	5 Tage
Zwischenperiode:	10 Tage
K3:	5 Tage
Zwischenperiode:	8 Tage
K4:	13 Tage

3.1.1.4 Versuchskriterien

Lebendmasse (LM): Die Tiere wurden jeweils zu Beginn und am Ende eines jeden Versuchsabschnittes einzeln gewogen. Lediglich zwischen K1 und K2 unterblieb eine Wiegung, da keine Zwischenperiode eingefügt worden war.

Futtermittelverzehr (FVZ): Der Futtermittelverzehr wurde täglich für jedes Tier bestimmt.

Lebendmassezunahme (LMZ) und Futterverwertung (FVW): Diese Parameter wurden für jeden Versuchsabschnitt berechnet, wobei K1 und K2 hinsichtlich dieser Angaben als eine Einheit (K1+K2) betrachtet wurden und demnach gemeinsame Zahlen aufweisen.

Kotkonsistenz: Die Beurteilung der Kotkonsistenz nach subjektiven Kriterien wurde während der einzelnen Versuchsabschnitte täglich für jedes Tier durchgeführt und erfolgte nach folgendem Schema:

Ziffer 0: ganze, feste Fladen

Ziffer 1: feste Fladen, nicht zerlaufend

Ziffer 2: nicht geformte Fladen, zerlaufend

Ziffer 3: wässriger Kot

Kottrockensubstanz und Nährstoffverdaulichkeit: Zur Bestimmung wurde während der einzelnen Versuchsabschnitte täglich von jedem Tier frischabgesetzter Kot aufgefangen.

Blutplasma: Am ersten Tag von K1 (1. Tag) und am letzten Tag von K2 (10. Tag) wurden von allen Tieren aus der V. jugularis Blutproben entnommen, diese anschließend zu Plasma weiterverarbeitet und bis zur späteren Untersuchung auf eine Plasmaverfärbung tiefgefroren.

3.1.1.5 Tierhaltung

Die Kälber wurden einzeln in Boxen auf Holzspaltenboden gehalten. Die zehn Boxen lagen nebeneinander; die Aufteilung der Tiere auf die einzelnen Boxen erfolgte entsprechend ihren Ohrmarkennummern. Während des gesamten Versuchszeitraumes hatten die Tiere Trinkwasser zur freien Verfügung.

3.1.1.6 Fütterung

3.1.1.6.1 Fütterungsregime

Die Fütterung der Kälber erfolgte zweimal täglich mit Milchaustauschfutter aus Tränkeeimern. Das Milchaustauschfutter wurde hierzu für alle Tiere gemeinsam angerührt. Erst wenn die Tränke

in die Eimer abgefüllt war, wurde das pulverförmige Lignin, das vorher abgewogen bereitgestellt worden war, in die Milchaustauschränke eingerührt. Um ein Absetzen von Lignin während der Tränkeaufnahme zu verhindern, wurde die ausgeteilte Tränke gegen Ende der Aufnahme nochmals umgerührt.

Die einzelnen Versuchsabschnitte begannen jeweils mit der Abendfütterung.

Die Zuteilung von Milchaustauschfutter auf die einzelnen Kälber erfolgte nach folgenden Angaben entsprechend ihrer Lebendmasse:

	Anzahl d. Kälber	Futtermenge(kg)/ Tag in 1 Wasser	g Futter/* 1 Tränke	kg Futter/Tier u. Tag in % d. LM
K1+K2	10	20 kg in 60 l	333	1,90
K3	8	16 kg in 48 l	333	1,61
K4	8**	20 kg in 64 l	313	1,81

* Die hohen Tränkekonzentrationen wurden durch gleichzeitiges ad libitum Wasserangebot ermöglicht.

** siehe 3.1.1.9

3.1.1.6.2 Futterzusammensetzung

Über die Zusammensetzung des Milchaustauschers (MAT), der über den gesamten Versuchszeitraum als Futtergrundlage diente, gibt Tabelle 2 Auskunft. Tabelle 3 zeigt die Zusammensetzung des dafür verwendeten Fettkonzentrates und Tabelle 4 gibt Aufschluß über die Vitamin-Spurenelement-Wirkstoff-Vormischung.

Tabelle 2: Milchaustauscherzusammensetzung
(Komponenten in %)

Magermilchpulver*	68,00
Molkenpulver teilentzuckert	3,00
Süßmolkenpulver	6,45
Weizenquellstärke	4,50
Vitamin-Spurenelement-	1,55
Wirkstoff-Vormischung	
Fettmischung	16,50

* Das Magermilchpulver bestand aus:
Walzen-Magermilchpulver 25 %
Sprüh-Magermilchpulver 75 %

Tabelle 3: Fettmischung (Komponenten in %)*
Eingebracht über ein 40 %iges Fettkon-
zentrat auf Magermilchbasis

Rindertalg	54,56
Schweinefett	18,19
Kokosfett	18,19
Lecithin	5,00
Emulgator	4,00
Aromakonzentrat	0,06

* mit Butylhydroxytoluol

Tabelle 4: Vitamin-, Spurenelement- und Wirkstoffzusätze
je kg Milchaustauschfutter

Vitamin A (IE)	75000	Cholin (mg)	400
Vitamin D ₃ (IE)	6000	Vitamin K ₃ (mg)	3
Vitamin E (mg)	60	Eisen (mg)	120
Vitamin C (mg)	150	Mangan (mg)	20
Vitamin B ₁ (mg)	10	Zink (mg)	40
Vitamin B ₂ (mg)	15	Kupfer (mg)	4
Vitamin B ₆ (mg)	6	Jod (mg)	0,2
Vitamin B ₁₂ (µg)	20	Kobalt (mg)	0,2
Ca-D-Pantothenat (mg)	15	Flavophospholipol (mg)	16
Niacin (mg)	30		

Auf der Basis des beschriebenen Milchaustauschfutters aus dem Handel erfolgte die Herstellung des für die einzelnen Versuchsabschnitte benötigten Mischfutters. Dazu wurden zur Provokation eines diätetischen Durchfalls in jedem Versuchsabschnitt verschiedene Konzentrationen an Saccharose oder Saccharose und Fructose sowie als Indikator für die Verdaulichkeitsbestimmungen Chromoxid (Cr_2O_3) zugesetzt.

In den einzelnen Versuchsabschnitten wurden folgende Futtermischungen eingesetzt:

<u>K1:</u>	MAT	74,50 %	
	Saccharose	20,00 %	
	Fructose	5,00 %	
	Cr_2O_3	0,50 %	(+ 5 % Lignin)*
<u>K2:</u>	MAT	80,75 %	
	Saccharose	15,00 %	
	Fructose	3,75 %	
	Cr_2O_3	0,50 %	(+ 5 % Lignin)*
<u>K3:</u>	MAT	89,50 %	
	Saccharose	10,00 %	
	Cr_2O_3	0,50 %	(+ 5 % Lignin)*
<u>K4:</u>	MAT	94,50 %	
	Saccharose	5,00 %	
	Cr_2O_3	0,50 %	(+ 5 % Lignin)**

* gilt nur für Tiere der Ligningruppe

** gilt nur für Intervall 2 von K4

Für K1 wurde dabei Mischfutter verwendet, das nach der angegebenen Zusammensetzung auf der institutseigenen Mischanlage hergestellt wurde. In Abschnitt K2 konnte das Futter in der Weise hergestellt werden, daß zu jeder Mahlzeit Futter aus K1 und Futter aus 99,5 % MAT und 0,5 % Cr_2O_3 im Verhältnis 3:1 abgewogen und dann im Tränkerührer vermischt wurde. Für die Versuche K3 und K4 erfolgte die Herstellung der bereits genannten Futtermi-

schungen zu jeder Mahlzeit aufs neue, indem die einzelnen Komponenten genau abgewogen in den Tränkerührer zum heißen Wasser zugegeben und dann ausreichend lange durchmischt wurden.

In den versuchsfreien Tagen zwischen K2 und K3 bzw. K3 und K4 (Zwischenperioden) wurden die Kälber mit einer reinen MAT-Tränke, ohne Zucker- und Chromoxidzusatz, ernährt.

3.1.1.6.3 Analysierte und berechnete Gehalte an Inhaltsstoffen

Aus den unter 3.1.1.6.2 beschriebenen Verfahren, nach denen die Futtermischungen für die einzelnen Versuchsabschnitte K1 - K4 hergestellt wurden, ist erkennbar, daß eine Futteranalyse nur bei K1 (1) möglich war. Für die anderen Versuchsabschnitte K2 - K4 und K1 (2) konnten nur die einzelnen Futterkomponenten analysiert werden, um dann aus den ermittelten Werten die Gehalte an Inhaltsstoffen des Mischfuttermittels berechnen zu können.

So ergaben sich bei der Nährstoffanalyse der einzelnen Futterkomponenten folgende Werte:

	TS in %	Rohprotein in % d. TS
MAT	94,82	25,26
Saccharose	99,98	---
Lignin	97,32	---
Cr ₂ O ₃	99,99	---

Eine Futtermittelanalyse des in K1 eingesetzten Mischfutters brachte die nachstehenden Ergebnisse:

Trockensubstanz (%)	95,01
Cr ₂ O ₃ -Gehalt (% d. TS)	0,49
Rohprotein-Gehalt (% d. TS)	18,18

In Tabelle 5 sind die aus den Komponentenanalysen berechneten Gehaltswerte für die Futtermischungen von K1 - K4 zusammengestellt.

Tabelle 5: Errechnete Gehalte an Inhaltsstoffen der in K1 - K4 eingesetzten Mischfuttermittel

Versuch	Code-Nr.	TS (%)	Chromoxid (% d. TS)	Rohprotein (% d. TS)
K1	(1)*	95,01	0,49	18,18
	(2)	95,12	0,47	17,29
K2	(1)	94,97	0,50	18,91
	(2)	95,08	0,48	17,99
K3	(1)	95,36	0,52	22,48
	(2)	95,46	0,50	21,39
K4	Intervall 1+3	95,10	0,53	23,80
	Intervall 2	95,21	0,50	22,64

* Analysenwerte

3.1.1.7 Versuchsdurchführung

Bereits vor Versuchsbeginn wurden die Kälber individuell mit Ohrmarken der Nummern 1 - 10 nummeriert. Die beiden leichtesten Tiere erhielten dabei die Nummern 1 und 2, die Zahlen 3 - 10 wurden per Zufall auf die restlichen Kälber verteilt. Da Kalb Nr.1 bei Versuchsbeginn um 23 kg hinter Kalb Nr.2 zurücklag, hinter dem schwersten um 32 kg, erschien es nicht sinnvoll zwei gewichtsgleiche Gruppen zu bilden, da sonst die Tiere zu ungleichmäßig hätten verteilt werden müssen. Stattdessen wurde die Verteilung der Kälber auf die beiden Vergleichsgruppen folgendermaßen festgelegt: Kalb Nr.1 wurde in die Ligningruppe und Kalb Nr.2 (als nächst leichtestes Kalb) in die Kontrollgruppe

gesetzt; über die Aufteilung der übrigen acht Kälber, die in ihren Lebendmassen ziemlich dicht zusammen lagen (maximale Differenz 9 kg), entschied das Los. So ergab sich bei Versuchsbeginn von K1 für Gruppe (1) eine durchschnittliche Lebendmasse von 109 kg und für Gruppe (2) ein Durchschnittsgewicht von 102 kg (für Gruppe (2) ohne Kalb Nr.1 errechnete sich eine durchschnittliche Lebendmasse von 108 kg). Diese Einteilung der Kälber blieb für K1 - K3 beibehalten, mit der Einschränkung, daß K3 ohne die Kälber Nr.1 und 2 durchgeführt wurde, also auf acht Tiere reduziert war. Für K4 entfiel eine Gruppeneinteilung der Kälber (siehe 3.1.1.1).

Über die Erfassung der weiteren Versuchsparameter informierte bereits 3.1.1.4 (Versuchskriterien).

3.1.1.8 Analytik

3.1.1.8.1 Verdaulichkeit von Trockensubstanz und Rohprotein

Zur Bestimmung der Kottrockensubstanz wurde täglich (meist morgens vor der Tränke) von jedem Kalb stichprobenartig frisch abgesetzter Kot (mindestens 20 g) aufgefangen. Der Kotabsatz war dazu durch digitale Rektummassage provoziert worden. Von diesen Kotproben wurde dann sofort, durch Trocknung bei 105°C über 24 Stunden, die Trockensubstanz bestimmt. Die getrockneten Kotproben blieben bis zu den Verdaulichkeitsbestimmungen, nachdem sie noch fein vermahlen wurden, einzeln verpackt aufbewahrt.

Die Bestimmung der Verdaulichkeit von Trockensubstanz und Rohprotein erfolgte nach der Indikatormethode, indem der zugesetzte Indikator Chromoxid und der Rohproteinanteil in jeder Kotprobe ermittelt wurden. Eine detaillierte Beschreibung der analytischen Methoden findet sich bei SCHWARZBACH (1981).

Die Proben der ersten beiden Versuchstage eines jeden Versuchabschnittes (außer K2) konnten für die Verdaulichkeitsbestimmungen nicht verwendet werden, da sich erst nach zwei Tagen eine der Verdaulichkeit entsprechende Indikatorkonzentration aufgebaut hat.

3.1.1.8.2 Untersuchung des Blutplasmas auf Verfärbung

Nach einer von RAMBECK (siehe GROPP et al., 1983) entwickelten Methode, läßt sich eine ligninbedingte Plasmaverfärbung nach Teildeproteinisierung des Plasmas durch eine photometrische Messung (Absorptionsmaximum bei 550 nm) erfassen.

Dazu wurden 2 ml der aufgetauten Plasmaprobe (Wasserbad) mit 400 mg Ammoniumsulfat versetzt. Die Zugabe der abgewogenen Ammoniumsulfatmenge geschah zunächst nur zur Hälfte (per Augenmaß), um Konzentrierungseffekte zu vermeiden. Es wurde dann sofort geschüttelt und erst hinterher der verbliebene Rest zugegeben. Nach nochmaligem kräftigen Schütteln wurde die Probe bei 3000 U/min für zehn Minuten zentrifugiert, der dadurch gewonnene Überstand abpipettiert und in ein neues Zentrifugenröhrchen überführt. Dann mußte erneut für zehn Minuten bei 3000 U/min zentrifugiert werden und abschließend der Überstand in ein neues Röhrchen abgegossen werden. Dieses nunmehr teildeproteinisierte Plasma wurde über Nacht tiefgefroren und am nächsten Tag, nach Auftauen (Wasserbad) und Abzentrifugieren (3000 U/min für 10 Minuten), sofort bei 546 nm photometrisch gemessen.

3.1.1.9 Versuchsverlauf

Die Versuchsabschnitte K1 - K3 verliefen störungsfrei. Obwohl die Tiere zum Teil (vor allem in K1 und K2) hochgradige Durchfallerscheinungen aufwiesen, war ihr Allgemeinbefinden nie gestört und ihr sonstiger Gesundheitszustand zufriedenstellend. Auch die Nahrungsaufnahme erfolgte immer rasch und zügig.

Allein in K4, der anfangs mit acht Tieren gestartet wurde, erkrankte Kalb Nr.4 am zehnten Tag des Versuchsabschnittes an einer akuten katarthalschen Enteritis mit erheblich gestörtem Allgemeinbefinden, so daß ein Absetzen der saccharosehaltigen Tränke und eine antibiotische Behandlung nötig wurde. Aus diesem Grunde erschien es sinnvoll Kalb Nr.4 gänzlich von der Auswertung dieses Versuchsabschnittes auszuschließen. Lediglich bei der Beschreibung des Fütterungsregimes (3.1.1.6.1) mußte von acht Kälbern ausgegangen werden, weil zu Versuchsbeginn die Aufteilung des Milchaustauschfutters entsprechend der Lebendmasse auf acht Kälber erfolgte, und eine nachträgliche Eliminierung an dieser Stelle zu Unklarheiten geführt hätte.

Ansonsten verlief K4 ohne Störungen. Die Tiere zeigten guten Gesundheitszustand und ungestörtes Allgemeinbefinden bei befriedigender Futteraufnahme.

Vom 19. - 29. Tag des Gesamtversuchszeitraumes wurden die Kälber täglich oral (über die Tränke) mit einem Salmonellen-Impfstoff vakziniert.

3.1.1.10 Versuchsauswertung

Zur Berechnung des mittleren Kottrockensubstanzgehaltes und der Verdaulichkeitsquotienten für die beiden Versuchsgruppen wurde in K1 - K3 von jedem Tier aus den jeweiligen Einzelwerten ein Mittelwert für den entsprechenden Versuchsabschnitt erstellt. Aus diesen Mittelwerten der einzelnen Kälber erfolgte die Bildung der Durchschnittswerte für die beiden Vergleichsgruppen. Etwas abgeändert wurde in K4 verfahren. Hier lieferten die täglichen Einzelwerte der Kälber pro Tag einen gemeinsamen Mittelwert, so daß auf dieser Grundlage über die Tage eines Versuchsintervalles hinweg ein zugehöriger Durchschnittswert ermittelt werden konnte.

3.1.2 Versuchsergebnisse

3.1.2.1 Gewichtsentwicklung und Futterverzehr

Für die Auswertung der Wachstums- und Futterverwertungsdaten müssen, wie schon unter 3.1.1.4 erwähnt, die Versuchsabschnitte K1 und K2 als eine Einheit betrachtet werden (K1+K2), da keine Wiegung zwischen K1 und K2 durchgeführt wurde.

Die mittleren Lebendmassen der beiden Versuchsgruppen betrugen zu Versuchsbeginn von K1 108,9 kg bzw. 102,1 kg und wiesen damit eine Differenz von 6,8 kg auf, was einer um 6 % geringeren Körpermasse der Ligningruppe gegenüber der Kontrollgruppe entspricht (Tabelle 6). Dieser Unterschied beruhte, wie schon in 3.1.1.7 erläutert, vorwiegend auf dem erheblich geringeren Gewicht von Kalb Nr.1 im Vergleich zu den übrigen Tieren. Die Standardabweichung der Ligningruppe von 12,4 kg deutet auf diesen Umstand hin. Ohne Kalb Nr.1 hätte sich für Gruppe (2) eine mittlere Lebendmasse von 107,5 kg, mit einer zugehörigen Standardabweichung von 3,8 kg ergeben, wodurch beide Werte denen von Gruppe (1) relativ nahe gekommen wären.

Die mittlere Lebendmassezunahme (Tabelle 6) lag im Versuchszeitraum K1+K2 bei den Ligninkälbern um 16 % unter dem Kontrollniveau. Dieses schlechtere Abschneiden ist im wesentlichen durch Kalb Nr.1 verursacht, das in seiner Lebendmassezunahme nur etwa die Hälfte der Werte der anderen gruppengleichen Kälber erreicht hatte (LMZ Ligningruppe (2) ohne Kalb Nr.1: 1,080 kg/Tag; Kontrollgruppe (1): 1,138 kg/Tag).

Über den Futterverzehr von K1+K2 informiert Tabelle 7. Es zeigte sich, daß die Tiere der Ligningruppe im Futterverzehr um 7 % hinter der Vergleichsgruppe zurücklagen. Dies ist aber nicht verwunderlich wenn man berücksichtigt, daß die Kälber entspre-

chend ihren Lebendmassen Futter zugeteilt bekamen. Der um 7 % niedrigere Futterverzehr entspricht damit ziemlich genau der um 6 % geringeren Lebendmasse der Lignintiere und ist somit vielmehr ein Indiz für die gleich gute Futteraufnahme in beiden Versuchsgruppen.

Letztlich schnitt Gruppe (2) auch in der Futterverwertung schlechter ab als Gruppe (1) (Tabelle 7). Es berechnete sich ein um 11 % schlechterer Wert (berechnet aus kg LMZ/kg Futter ohne Lignin), der zur Hauptsache auf der schlechten Futterverwertung von Kalb Nr.1 basierte. Bliebe dessen Ergebnis unberücksichtigt, würde die Ligningruppe nur noch 3 % unter dem Kontrollgruppenwert liegen.

Der Versuchsabschnitt K3 wurde mit acht Kälbern durchgeführt (ohne Kalb Nr.1 und 2). So ergaben sich bei Versuchsbeginn für die beiden Vergleichsgruppen nur mehr geringfügig verschiedene mittlere Lebendmassen (Tabelle 6). Einem um 2 % niedrigeren Wert der Lignintiere in der mittleren Lebendmasse stand jedoch ein um 19 % besseres Ergebnis in der Lebendmassezunahme gegenüber (Tabelle 6).

Der gemessene Futterverzehr war für die Ligningruppe im gleichen Zeitraum um 2 % niedriger als der korrespondierende Kontrollgruppenwert (Tabelle 7). Dies entspricht genau der um 2 % niedrigeren mittleren Lebendmasse der Tiere und belegt die gleich gute Futteraufnahme beider Gruppen.

In der Futterverwertung (Tabelle 7) lagen die Kontrolltiere deutlich (21 %) unter dem Wert der Ligningruppe (0,482 kg LMZ/kg Futter gegen 0,584 bzw. 0,557 bei Miteinbeziehung von Lignin).

Tabelle 6: Lebendmasse (LM) und Lebendmassezunahme (LMZ)
in den Versuchsabschnitten K1 + K2 und K3
Versuchsdauer: K1 + K2 10 Tage
K3 5 Tage
Mittelwerte mit Standardabweichung

Versuch	K1 + K2		K3	
Futter (%)	75,00 bzw. 81,25 MAT ¹⁾ 20,00 bzw. 15,00 Sac. 5,00 bzw. 3,75 Fru.		90,00 MAT ¹⁾ 10,00 Sac. —	
Code-Nr.	(1)	(2)	(1)	(2)
Lignin (%)	—	5	—	5
Tierzahl	5	5	4	4
LM (kg)				
Versuchsbeginn	108,9	102,1 ²⁾	125,8	123,0
(+s)	3,4	12,4	1,9	2,8
Relativ	100	94	100	98
Versuchsende	120,3	111,7 ³⁾	130,7	128,8
(+s)	4,7	15,2	1,9	3,5
Relativ	100	93	100	99

LMZ (kg/Tag)				
LMZ	1,138 ^a	0,960 ^{a4)}	0,970 ^a	1,155 ^a
(+s)	0,148	0,282	0,155	0,189
Relativ	100	84	100	119

1) inklusive 0,5 % Chromoxid

2) LM exkl. Kalb Nr.1: 107,5 kg (+3,8)

3) LM exkl. Kalb Nr.1: 118,3 kg (+4,6)

4) kg LMZ/Tag exkl. Kalb Nr.1: 1,080 (+0,099)

Tabelle 7: Futterverzehr (FVZ) und Futterverwertung (FVW)
in den Versuchsabschnitten K1 + K2 und K3
Versuchsdauer: K1 + K2 10 Tage
K3 5 Tage
Mittelwerte mit Standardabweichung

Versuch	K1 + K2		K3	
Futter (%)	75,00 bzw. 81,25 MAT ¹⁾ 20,00 bzw. 15,00 Sac. 5,00 bzw. 3,75 Fru.		90,00 MAT ¹⁾ 10,00 Sac. ---	
Code-Nr.	(1)	(2)	(1)	(2)
Lignin (%)	—	5	—	5
Tierzahl	5	5	4	4
FVZ (kg/Tag)				
MAT	1,604	1,495	1,805	1,765
(+s)	0,052	0,180	0,030	0,070
Saccharose	0,362	0,336	0,202	0,197
(+s)	0,012	0,041	0,004	0,008
Fructose	0,090	0,084	—	—
(+s)	0,003	0,010	—	—
Lignin	—	0,097	—	0,099
(+s)	—	0,012	—	0,004
Gesamt (inkl. Cr ₂ O ₃)	2,067	1,925 ^{2) 3)}	2,017	1,972 ⁴⁾
(+s)	0,067	0,231	0,033	0,078
Relativ	100	93	100	98
FVW (kg LMZ/kg Futter)				
kg LMZ/kg MAT	0,708	0,630	0,538	0,653
(+s)	0,078	0,134	0,090	0,089
kg LMZ/kg Futter	0,550 ^{a)}	0,489 ^{a5) 6)}	0,482 ^{a)}	0,584 ^{a7)}
(+s)	0,060	0,104	0,081	0,080
Relativ	100	89	100	121

1) inklusive 0,5 % Chromoxid

2) FVZ-Gesamt ohne Lignin (mit = 2,022 (+0,243))

3) FVZ-Gesamt ohne Lignin exkl. Kalb Nr. 1: 2,023 (+0,088)

4) FVZ-Gesamt ohne Lignin (mit = 2,071 (+0,082))

5) kg LMZ/kg Futter ohne Lignin (mit = 0,466 (+0,099))

6) kg LMZ/kg Futter ohne Lignin exkl. Kalb Nr. 1: 0,534 (+0,037)

7) kg LMZ/kg Futter ohne Lignin (mit = 0,557 (+0,076))

Für Versuchsabschnitt K4 entfiel eine Aufteilung der Kälber auf zwei Vergleichsgruppen. Demzufolge können die gemessenen und errechneten Leistungsdaten nur für sich stehen. Sie sind in Tabelle 8 zusammengefaßt.

Tabelle 8: Lebendmasse (LM), Lebendmassezunahme (LMZ), Futterverzehr (FVZ) und Futterverwertung (FVW) in Versuchsabschnitt K4
Versuchsdauer: 13 Tage
Mittelwerte mit Standardabweichung

Futter (%)	95,00 MAT ¹⁾	
	5,00 Sac.	
Lignin	5 % (6., 7., 8. Tag)	
Tierzahl	7	
LM (kg)		
Versuchsbeginn	138,1	(+s = 2,9)
Versuchsende	155,0	(+s = 3,0)
LMZ (kg/Tag)		
LMZ	1,300	(+s = 0,074)
FVZ (kg/Tag)		
MAT	2,371	(+s = 0,053)
Saccharose	0,125	(+s = 0,003)
Lignin	0,125	(+s = 0,003)
Gesamt (inkl. Cr ₂ O ₃)	2,509 ²⁾	(+s = 0,056)
FVW (kg LMZ/kg Futter)		
kg LMZ/kg MAT	0,549	(+s = 0,035)
kg LMZ/kg Futter	0,518 ³⁾	(+s = 0,033)

1) inklusive 0,5 % Chromoxid

2) FVZ-Gesamt ohne Lignin

3) kg LMZ/kg Futter ohne Lignin

3.1.2.2 Kotkonsistenz und Nährstoffverdaulichkeit

Die Beurteilung der Kotkonsistenz nach subjektiven Kriterien erfolgte nach dem in Abschnitt 3.1.1.4 angegebenen Schema. Das Ergebnis ist für K1 - K3 in Tabelle 9 aufgeführt.

Im Abschnitt K1 lag der Schwerpunkt in den Beobachtungen für beide Gruppen bei Ziffer 3 (wäßriger Kot). Subjektive Unterschiede waren nur schwer auszumachen. Die Ziffer 1 (feste Fladen, nicht zerlaufend) konnte in den fünf Tagen für die Ligningruppe allerdings dreimal vergeben werden. In der Kontrollgruppe entsprach die beste Bewertung nur der Ziffer 2 (nicht geformte Fladen, zerlaufend).

Die meisten Beobachtungen in K2 waren in beiden Gruppen der Kotkonsistenz 2 (60 % der Beobachtungen in der Kontrollgruppe, 64 % in der Ligningruppe) zuzuordnen. Auch hier konnte allein in der Ligningruppe die Bewertung 1 (zweimal) vergeben werden.

Deutlichere Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zeichneten sich in K3 ab. Der Trend einer geringeren Anzahl von Bewertung 3 und häufigeres Auftreten der Bewertung 1 war in der Ligningruppe besser zu erkennen. So wurden in K3 erstmals optisch manifeste Unterschiede in der Kotkonsistenz zwischen den beiden Gruppen offensichtlich.

In allen Versuchen (K1 - K3) ergab sich, bewertet man die Gesamtzahl der vergebenen Punkte, eine Differenz zugunsten der jeweiligen Ligningruppe; sie betrug in K1 7 %, in K2 bzw. K3 8 bzw. 16 %.

Über die Ergebnisse der subjektiven Beurteilung der Kotkonsistenz in K4 orientiert Tabelle 10. Hier hatte sich an den ligninfreien Tagen für die Mehrzahl der Beobachtungen Ziffer 2 ergeben und für den restlichen kleineren Teil (17 bzw. 14 %) Zif-

fer 1. Ziffer 3 ist nur noch im Intervall 1 mit 2 von 35 Beobachtungen vertreten. Die Übereinstimmung zwischen Intervall 1 und 3 ist gut. Im Intervall 2 (Dauer 3 Tage) trat nach Zufütterung von Lignin eine deutliche Verbesserung der Kotkonsistenz auf, die sich in einer starken Zunahme von mit Ziffer 1 bewerteten festen Fladen zeigte, so daß letztlich Ziffer 2 von Ziffer 1 in der Anzahl der Beobachtungen übertroffen wurde (43 gegenüber 57 %).

Die Untersuchungen der Kottrockensubstanz erbrachten vergleichbare Ergebnisse. Sie sind in Tabelle 9 (K1 - K3) bzw. Tabelle 10 (K4) zusammengestellt. Es zeigte sich, daß der 5 %ige Ligninzusatz umso deutlichere Verbesserungen in der Kottrockensubstanz bewirkte je geringer die Durchfallintensität bzw. je höher der Kottrockensubstanzgehalt war. So bestand in K1 und K2 eine Differenz von ca. 2 % (absolut) Kottrockensubstanz zwischen den beiden Vergleichsgruppen, die sich in K3 auf 3,7 % ausweitete. In K4 (siehe auch Abb. 2), der sich in seiner Versuchsanlage von den vorausgegangenen Versuchsabschnitten unterschied, stieg die Kottrockensubstanz nach dem 5 %igen Ligninzusatz im Mittel von nur drei Tagen um beinahe 6 % über das Ausgangsniveau von Intervall 1 an, um nach Absetzen von Lignin im Intervall 3 fast wieder auf den Wert von Intervall 1 abzusinken (ohne den ersten Tag von Intervall 3 - Übergangsphase zwischen Intervall 2 und Intervall 3 - ergibt sich mit 13,92 % ein nahezu identischer Wert zu Intervall 1 (13,85 %)).

Ein 5 %iger Ligninzusatz zum Milchaustauschfutter hat somit in jedem Versuchsabschnitt (K1 - K4) eine deutliche Erhöhung der Kottrockensubstanz bewirkt. Die jeweilige Differenz zur Kontrollgruppe war mit Ausnahme von K1 signifikant ($p < 0,05$).

Die Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanz und des Rohproteinanteils im Futter wurde nach dem Indikatorverfahren mit Chromoxid als Indikator bestimmt. Die jeweiligen Analysenergebnisse sind für Chromoxid und Rohprotein in den Anhangstabellen A1 und

A2 angegeben. Die daraus errechneten Verdauungsquotienten (siehe 3.1.1.10) sind für K1 - K3 bzw. K4 in den Tabellen 9 bzw. 10 zusammengefaßt und für K4 in Abbildung 2 dargestellt.

Sowohl die Verdaulichkeit der Trockensubstanz als auch die des Rohproteins lag in allen Versuchsabschnitten für die Lignintiere unter dem Kontrollniveau. Dabei ergab sich für K1, K2 und K4 ein Abfall in der Trockensubstanzverdaulichkeit um 5,1 - 5,7 %. Die Rohproteinverdaulichkeit war um 0,5 bzw. 1 % in K1 bzw. K2 und um 2,2 % in K4 vermindert. Noch größer war die Verdaulichkeitsdepression in K3. Hier reduzierte sich der Verdauungsquotient der Trockensubstanz um 8,7 % und der des Rohproteins um 5,8 %.

Auffallend in K4 war, daß der Rückgang in der Verdaulichkeit (Trockensubstanz und Rohprotein) nach Zufütterung von Lignin sich nach dem Absetzen sofort wieder korrigierte und die Verdaulichkeitswerte in ihren Ausgangsbereich zurückkehrten (Abb. 2 und Tab. 10).

Die Werte für die Trockensubstanzverdaulichkeit der Kontroll- und Lignintiere (K1 - K3) bzw. die Werte der ligninfreien Intervalle und der Wert des Intervalls mit Ligninzufütterung in K4 scheinen allerdings nicht direkt vergleichbar zu sein, wenn Lignin als unverdaulich angenommen wird. Deshalb wurde eine Korrektur der Futtertrockensubstanzausscheidung der Lignintiere (K1 - K3) bzw. der Lignintage (K4) um den Anteil des unverdaulichen Lignins vorgenommen. Es ergaben sich folgende Werte:

K1: VQ-TS (korr.) = 86,6 %	(Kontrollwert: 87,9 %)
K2: VQ-TS (korr.) = 87,8 %	(Kontrollwert: 89,2 %)
K3: VQ-TS (korr.) = 88,7 %	(Kontrollwert: 93,1 %)
K4: VQ-TS (korr.) = 91,6 %	(Kontrollwerte: 92,2 und 92,6 %)

Für K1, K2 und K4 wurden damit annähernd (bis auf ca. 1 %) die Kontrollwerte erreicht. Lediglich in K3 bliebe ein deutlich niedrigerer Verdauungsquotient der Lignintiere gegenüber der Kontrollgruppe bestehen (Differenz 4,4 %).

Tabelle 9: Beobachtete Kotkonsistenz (subjektiv beurteilt), mittlerer Kottrockensubstanzgehalt (Kot-TS) und Verdauungsquotienten (VQ) der Trockensubstanz (TS) bzw. des Rohproteins (RP) in den Versuchsabschnitten K1 - K3
Versuchsdauer : jeweils 5 Tage
Mittelwerte mit Standardabweichung¹⁾

Versuch	K1		K2		K3	
Futter (%)	75,00 MAT ²⁾ 20,00 Sac. 5,00 Fru.		81,25 MAT ²⁾ 15,00 Sac. 3,75 Fru.		90,00 MAT ²⁾ 10,00 Sac. —	
Code-Nr.	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Lignin (%)	—	5	—	5	—	5
Tierzahl	5	5	5	5	4	4
Kotkonsistenz (Anzahl der Beobachtungen)						
Ziffer 1	0	3	0	2	1	6
Häufigkeit (%) ³⁾	0	12	0	8	5	30
Ziffer 2	5	4	15	16	15	12
Häufigkeit (%)	20	16	60	64	75	60
Ziffer 3	20	18	10	7	4	2
Häufigkeit (%)	80	72	40	28	20	10
Gesamtpunkte	70	65	60	55	43	36
Relativ	100	93	100	92	100	84

Kot-TS (%) ⁴⁾	7,88 ^a	9,88 ^a	8,53 ^a	10,78 ^b	10,75 ^a	14,48 ^b
(±s)	1,17	1,82	1,32	0,91	1,85	2,28

VQ-TS (%)	87,9 ^a	82,4 ^b	89,2 ^a	83,5 ^b	93,1 ^a	84,4 ^b
(±s)	3,0	3,6	2,0	1,6	0,7	2,4

VQ-RP (%)	83,6 ^a	83,1 ^a	82,9 ^a	81,9 ^a	90,0 ^a	84,2 ^b
(±s)	2,1	5,5	1,9	4,2	1,5	4,1

1) gilt nicht für Kotkonsistenz

2) inklusive 0,5 % Chromoxid

3) Angaben in % der Gesamtbeobachtungen

4) Statistische Prüfung mit einseitigem Test

Tabelle 10: Beobachtete Kotkonsistenz (subjektiv beurteilt), mittlerer Kottrockensubstanzgehalt (Kot-TS) und Verdauungsquotienten (VQ) der Trockensubstanz (TS) bzw. des Rohproteins (RP) in Versuchsabschnitt K4
Futter: 95 % MAT (inklusive 0,5 % Cr_2O_3)
5 % Saccharose
Mittelwerte mit Standardabweichung¹⁾

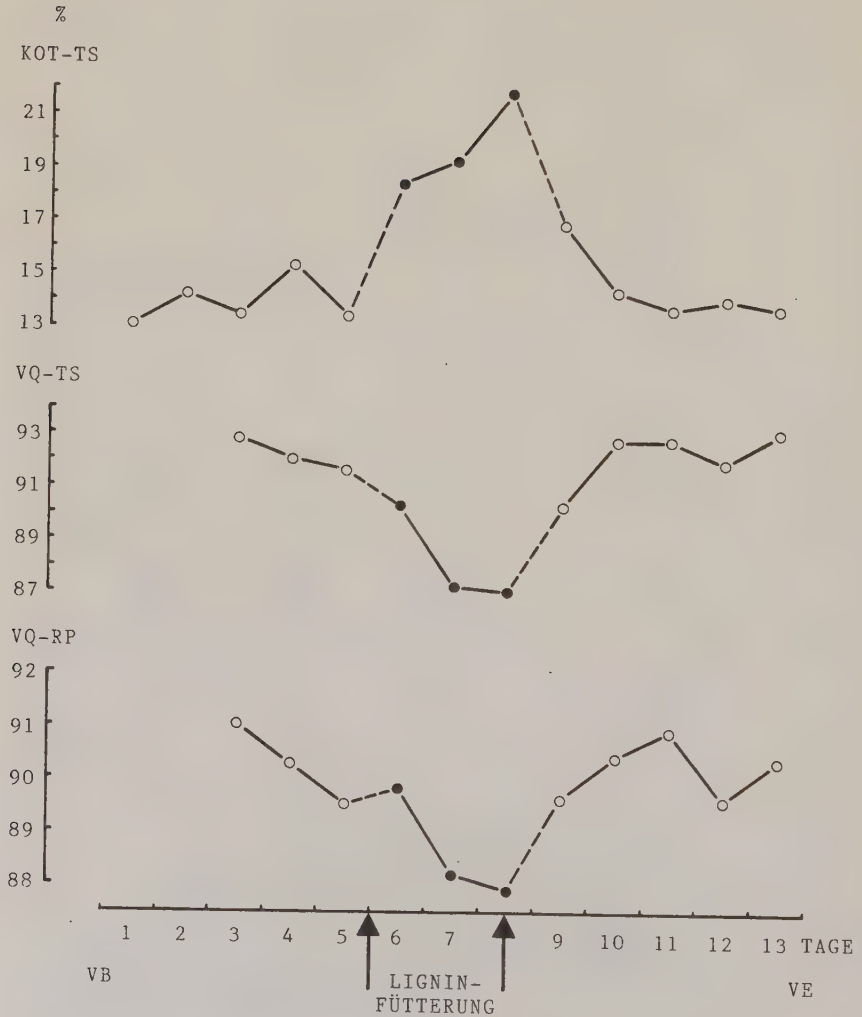
Intervall	1	2	3
Lignin (%)	0	5	0
Dauer (Tage)	5	3	5
Tierzahl	7	7	7
Kotkonsistenz (Anzahl der Beobachtungen)			
Ziffer 1	6	12	5
Häufigkeit (%) ²⁾	17	57	14
Ziffer 2	27	9	30
Häufigkeit (%)	77	43	86
Ziffer 3	2	0	0
Häufigkeit (%)	6	0	0
Gesamtpunkte	66	50 ³⁾	65
Relativ	100	76	98

Kot-TS (%)	13,85 ^a	19,79 ^b	14,50 ^a
($\pm$ s)	0,90	1,80	1,32

VQ-TS (%)	92,2	87,1 ⁴⁾	92,6 ⁵⁾
VQ-RP (%)	90,3	88,1 ⁴⁾	90,4 ⁵⁾

- 1) gilt nicht für Kotkonsistenz; VQ-TS und VQ-RP ohne Standardabweichung
- 2) Angaben in % der Gesamtbeobachtungen
- 3) Da Intervall 2 nur 3 Tage dauerte wurde die Gesamtpunktzahl von 3 Tagen (30) auf 5 Tage umgerechnet (50)
- 4) Mittelwert aus 2 Tagen
- 5) Mittelwert aus 4 Tagen

Abbildung 2: Tägliche Mittelwerte der Kottrockensubstanz (Kot-TS) und der Verdauungsquotienten (VQ) der Trockensubstanz (TS) und des Rohproteins (RP) in % in Versuchsabschnitt K4



3.1.2.3 Blutplasmauntersuchung

Zu Beginn von K1 und am Ende von K2 wurde von jedem Kalb eine Blutprobe entnommen und aus dieser Plasma gewonnen (siehe 3.1.1.4).

Das Plasma zeigte subjektiv keine Anzeichen einer Verfärbung.

Zur objektiven Überprüfung wurde das tiefgefrorene Blutplasma nach der unter 3.1.1.8.2 beschriebenen Methode weiterverarbeitet.

Die Messung der Extinktion der Proben bei 546 nm führte zu den in Tabelle 11 genannten Ergebnissen.

Tabelle 11: Extinktionen der in K1 - K2 entnommenen, teildeproteinisierten Blutproben
Versuchsdauer: 10 Tage
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)
Lignin (%)	0	5
Tierzahl	5	5
Plasmaprobenzahl	5	5
Extinktionswerte bei 546 nm		
Versuchsbeginn K1	0,068 ^a	0,073 ^a
(_{±s})	0,010	0,016
Versuchsende K2	0,072 ^a	0,065 ^a
(_{±s})	0,021	0,013

Die Ergebnisse bestätigten den subjektiven Eindruck der Plasmafarbe. Von einer Verfärbung des Blutplasmas von Kälbern nach 10-tägiger Ligningabe kann demnach nicht ausgegangen werden.

3.2 RATTENVERSUCH

An Ratten lagen bisher keinerlei Erfahrungen mit Organosolv-Lignin als Futterkomponente vor. In entsprechenden Versuchen mit Ferkeln hatte sich gezeigt, daß durch ligninhaltiges Futter eine blau-violette Blutplasmaverfärbung verursacht wird (OTT, 1983). Seither war es weder möglich durch verschiedene Produktionstechniken von Lignin das Auftreten dieser Plasmaverfärbung zu verhindern, noch über die Art der auftretenden Verfärbung gesicherte Aussagen zu machen. Da Ferkel aber ein relativ teures und aufwendiges Studienobjekt darstellen, sollte in diesem Versuch an der Ratte geprüft werden, ob bei Fütterung von Lignin ähnliche Erscheinungen bezüglich der Plasmafarbe wie beim Ferkel auftreten. Dann wäre eine Möglichkeit geschaffen, die Ratte als Ersatz für das Ferkel bei genaueren Untersuchungen der Plasmaverfärbung einsetzen zu können. Gleichzeitig sollten mit diesem Versuch orientierende Daten über den ernährungsphysiologischen Aspekt eines Ligninzusatzes zum Futter bei Ratten gesammelt werden.

3.2.1 Versuchsplan

In einem 6-wöchigen Versuch sollte an Ratten die Auswirkung eines Ligninzusatzes zum Futter auf die Plasmafarbe, die Nährstoffverwertung und die Kotkonsistenz geprüft werden. Der Versuch wurde ohne Vorperiode begonnen.

3.2.1.1 Versuchsanlage

Einer Kontrollgruppe wurden zwei Vergleichsgruppen gegenübergestellt, denen ins Futter verschiedene Ligninkonzentrationen eingemischt waren. Die Tierzahl pro Gruppe betrug 7 mal 2 Ratten. Tabelle 12 informiert über diese Versuchsanordnung.

Tabelle 12: Versuchsanlage

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)
Lignin (%)	0	1,5	3
Tierzahl	7 x 2	7 x 2	7 x 2

3.2.1.2 Versuchstiere

Die 42 männlichen SPF-Ratten (Sprague Dawley) hatten zu Versuchsbeginn ein Alter von ca. 5 Monaten und ein Durchschnittsgewicht von 402,8 g.

3.2.1.3 Versuchsdauer

Der Versuch erstreckte sich über 42 Tage (3.11. - 15.12.83), die in drei Abschnitte zu je 14 Tagen aufgeteilt waren.

3.2.1.4 Versuchskriterien

Die Tiere wurden in zwei-wöchentlichen Abständen einzeln gewogen. Zu den gleichen Zeitpunkten wurde der Futterverzehr bestimmt und aus jedem Käfig eine frische Kotprobe entnommen. Der Kottrockensubstanzgehalt wurde unmittelbar danach bestimmt. Die Lebendmassezunahme und die Futterverwertung wurden für die drei Versuchsabschnitte errechnet.

Zu Versuchsende wurde von jedem Tier in tiefer Äthernarkose durch Herzpunktion eine Blutprobe entnommen. Anschließend wurden die Tiere getötet. Aus den Blutproben wurde Plasma gewonnen und dieses bis zur weiteren Untersuchung auf eine Plasmaverfärbung tiefgefroren.

3.2.1.5 Tierhaltung

Je zwei Ratten wurden in einer Makrolonschale (40 x 24 x 15 cm) auf Hobelspäneestreu gehalten. Der Raum war durchgehend beleuchtet (24 Stunden/Tag).

3.2.1.6 Fütterung

3.2.1.6.1 Fütterungsregime

Die Futterbehältnisse der Tiere waren im Inneren des Käfigs angebracht und wurden alle zwei Tage nachgefüllt. Sofort nach der Verteilung auf die einzelnen Rationsgruppen wurde den Ratten das Versuchsfutter angeboten.

Die Wasserversorgung der Tiere erfolgte über Tränkeflaschen, die im Käfigdach eingehängt waren.

3.2.1.6.2 Futterzusammensetzung

Über die Futterzusammensetzung orientiert Tabelle 13. Lignin wurde zu Lasten von Tapioka in die Futtermischungen eingebracht. Nach der Vermischung wurden die einzelnen Rationen pelletiert (Durchmesser 5 mm).

3.2.1.7 Versuchsdurchführung

Bereits vor Versuchsbeginn waren die Ratten paarweise auf die Käfige verteilt worden, um sie aneinander zu gewöhnen. Jeweils ein Tier pro Käfig war mit einer Ohrmarke individuell markiert.

Tabelle 13: Futterzusammensetzung (Komponenten in %)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)
Lignin	0	1,5	3,0
Tapioka	5,0	3,5	2,0
Mais	30,0	30,0	30,0
Gerste	21,5	21,5	21,5
Hafer	10,0	10,0	10,0
Sojaextraktionsschrot	20,0	20,0	20,0
Fischmehl ¹⁾	5,0	5,0	5,0
Anilac-N	3,0	3,0	3,0
Futterhefe	2,0	2,0	2,0
Dicalciumphosphat	1,5	1,5	1,5
Calciumcarbonat	0,7	0,7	0,7
Viehsalz	0,3	0,3	0,3
DL-Methionin	0,1	0,1	0,1
Vitaminvormischung ²⁾	0,3	0,3	0,3
Spurenelementvormischung ³⁾	0,1	0,1	0,1
Luprosil	0,5	0,5	0,5

1) Anilac-N: Neutralisiertes, teilentzuckertes Molkenpulver

2) Die Vitaminvormischung enthält in 3 g (= pro kg der fertigen Mischung): 4,5 mg Retinol, 33 µg Cholecalciferol, 36 mg α-DL-Tocopherolacetat, 1,2 mg Menadionbisulfit, 5,4 mg Thiamin, 7,2 mg Riboflavin, 3 mg Pyridoxin, 30 µg Cobalamin, 90 µg Biotin, 180 µg Folsäure, 18 mg Ca-Pantothenat, 54 mg Nikotinsäure, 450 mg Cholin, 90 mg Ascorbinsäure.

3) Die Spurenelementvormischung enthält in 1 g (= pro kg der fertigen Mischung): 100 mg Fe (als Eisenfumarat), 80 mg Mn (als Mangansulfat), 12 mg Cu (als Kupferacetat), 80 mg Zn (als Zinkacetat), 0,5 mg Se (als Natriumselenit), 2,5 mg J (als Kaliumjodid), 1 mg Co (als Cobaltsulfat), 5 mg F (als Natriumfluorid), 70 mg Mg (als Magnesiumoxid).

Zu Versuchsbeginn wurden aus den 21 Käfigen mit 42 Tieren drei annähernd gewichtsgleiche Gruppen gebildet (durchschnittliche Lebendmasse der Ratten bei Versuchsbeginn: 402,8 g). Nach der Verteilung der Käfige auf die einzelnen Rationsgruppen wurde auf Versuchsfutter umgestellt. Das weitere Erfassen der Versuchsparemeter wurde bereits unter 3.2.1.4 erläutert.

3.2.1.8 Analytik

Der Trockensubstanzgehalt der einzelnen Futterrationen betrug durchschnittlich (Mittelwerte aus drei Analysen):

- (1) = 87,71 %
- (2) = 87,04 %
- (3) = 88,99 %

3.2.1.8.1 Kottrockensubstanz

Alle zwei Wochen wurde zur Ermittlung der Kottrockensubstanz aus allen Käfigen zunächst die Einstreu entfernt. Die Tiere blieben dann in ihren Makrolonbehältern unter ständiger Kontrolle. Wenn in einem Käfig Kotabsatz erfolgt war, wurde der frische Kot entnommen und gewogen. Die Kotproben wurden den Käfigen (und nicht den einzelnen Tieren) zugeordnet. Nach der Gewinnung der Kotproben (Mindestgewicht: 1 g Frischkot) wurde wieder frisch eingestreut.

Die Kottrockensubstanz wurde schließlich durch Trocknung des Kots bei 105°C über 24 Stunden bestimmt.

3.2.1.8.2 Untersuchung des Blutplasmas auf Verfärbung

Die Analyse der Plasmafarbe erfolgte nach Teildeproteinisierung durch photometrische Messung des Plasmas bei 546 nm. Die genaue Beschreibung der Methode findet sich unter 3.1.1.8.2.

3.2.1.9 Versuchsverlauf

Der Versuch verlief störungsfrei.

Wegen eines während des Versuchs zunehmend starken Futterver-

streus ist allerdings die Erfassung des Futterverzehrs mit Ungenauigkeiten behaftet. Da jedoch bei allen Versuchsgruppen relativ gleichviel Futter verstreut wurde, dürften durch diesen Meßfehler keine Unterschiede zwischen den Gruppen aufgetreten sein.

3.2.1.10 Versuchsauswertung

Die Gruppenmittelwerte für die Lebendmasse und die Lebendmassenzunahme basieren auf den Einzeldaten jeder Ratte.

Für die Blutplasmauntersuchung errechneten sich die Extinktionsmittelwerte (mit Standardabweichung) für jede Versuchsgruppe aus den Werten der Plasmaproben der Einzeltiere.

3.2.2 Versuchsergebnisse

3.2.2.1 Gewichtsentwicklung und Futterverwertung

Zu Versuchsbeginn betrug die mittlere Lebendmasse aller drei Vergleichsgruppen jeweils 403 g (Tabelle 14). Für die ersten 14 Tage hatten sich keine Unterschiede in der Lebendmassezunahme ergeben (Tabelle 15). Im 2. und 3. Abschnitt dagegen zeichnete sich über alle Gruppen ein starker Abfall in der Lebendmassezunahme ab. Nach sechs Wochen Versuchsdauer ergaben sich mit ca. 1 g LMZ pro Tag die gleichen kumulativen Werte für alle Gruppen.

Tabelle 14: Lebendmasse (LM)
Versuchsdauer: 6 Wochen
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)
Lignin (%)	0	1,5	3
Wiederholungszahl	14	14	14
Tierzahl	14	14	14
LM (g)			
Versuchsbeginn	403,1	402,6	402,7
($\pm$ s)	33,0	25,8	40,5
15. Tag	423,8	423,7	423,7
($\pm$ s)	32,9	25,6	43,9
29. Tag	434,9	438,2	436,5
($\pm$ s)	34,7	26,6	46,9
Versuchsende	444,9 ^a	446,8 ^a	446,7 ^a
($\pm$ s)	34,8	31,0	42,9
Relativ	100	100	100

Tabelle 15: Lebendmassezunahme (LMZ)
Versuchsdauer: 6 Wochen
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)
Lignin (%)	0	1,5	3
Wiederholungszahl	14	14	14
Tierzahl	14	14	14
LMZ in g/Tier und 14 Tage (= 1 Versuchsabschnitt)			
1. Abschnitt	20,7	21,0	21,0
(<u>±</u> s)	6,9	8,7	11,2
2. Abschnitt	11,1	14,5	12,8
(<u>±</u> s)	7,6	5,9	8,8
3. Abschnitt	10,0	8,6	10,2
(<u>±</u> s)	5,8	8,4	8,1
Gesamt: LMZ in g/Tier und 42 Tage			
	41,8 ^a	44,2 ^a	44,0 ^a
(<u>±</u> s)	13,7	17,0	14,6
Relativ:	100	106	105
Gesamt: LMZ in g/Tier und Tag			
	1,0	1,1	1,0
(<u>±</u> s)	0,3	0,4	0,3

Hinsichtlich des Futterverzehr (Tabelle 16) traten in den einzelnen Versuchsabschnitten und damit kumulativ keine Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen auf. Ein leichter Anstieg der Verzehrswerte im Versuchsverlauf dürfte die tatsächlichen Verhältnisse nicht widerspiegeln, er ist zumindest partiell durch zunehmende Futterverluste bedingt (siehe 3.2.1.9).

Tabelle 16: Futtermittelverzehr (FVZ) und Futterverwertung (FVW)
Versuchsdauer: 6 Wochen
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)
Lignin (%)	0	1,5	3
Wiederholungszahl	7	7	7
Tierzahl	14	14	14
FVZ in g Futtertrockensubstanz/Tag und Käfig (= 2 Tiere)			
1. Abschnitt	41,3	40,6	41,5
($\pm$ s)	3,5	2,6	4,7
2. Abschnitt	44,5	42,7	43,9
($\pm$ s)	5,6	5,0	5,6
3. Abschnitt	44,8	44,6	44,7
($\pm$ s)	7,5	4,8	8,0
Gesamt	43,5 ^a	42,7 ^a	43,4 ^a
($\pm$ s)	4,2	3,2	5,5
Relativ	100	98	100

FVW in g IMZ/kg Futtertrockensubstanz			
1. Abschnitt	71	74	72
($\pm$ s)	10	25	25
2. Abschnitt	37	49	41
($\pm$ s)	20	16	18
3. Abschnitt	33	27	34
($\pm$ s)	14	27	26
Gesamt	46 ^a	50 ^a	49 ^a
($\pm$ s)	9	18	14
Relativ	100	107	106

Die bereits beschriebenen Ergebnisse kamen auch in der Futterverwertung (Tabelle 16) zum Ausdruck. So fällt der starke Rückgang in den Abschnitten 2 und 3 auf, der durch das deutliche Absinken der Lebendmassezunahmen in den einzelnen Gruppen bedingt war. Über den gesamten Versuchszeitraum hinweg ergab sich ein relativ ausgeglichenes Abschneiden aller Versuchsgruppen in der Futterverwertung (46 g LMZ/kg Futterrockensubstanz bei den ligninfrei ernährten Tieren, 50 bzw. 49 g bei den Tieren der Ligningruppen). Die statistische Untersuchung dieser Gruppenwerte erbrachte keinen gesicherten Größenunterschied.

Tabelle 17: Kottrockensubstanzgehalt (Kot-TS)
Versuchsdauer: 6 Wochen
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)
Lignin (%)	0	1,5	3
Wiederholungszahl	7	7	7
Tierzahl	14	14	14
Kot-TS in %			
14. Tag	45,03	45,60	44,60
(+s)	4,45	3,14	6,46
27. Tag	37,30	42,86	41,28
(+s)	7,71	9,34	8,70
41. Tag	39,46	41,71	44,36
(+s)	6,77	6,43	5,61
Gesamt	40,60 ^a	43,39 ^a	43,41 ^a
(+s)	3,21	4,42	3,50
Relativ	100	107	107

3.2.2.2 Kottrockensubstanz

Am ersten Probestag (14. Versuchstag) ergaben sich nahezu gleiche Werte für die Kottrockensubstanz (ca. 45 %) der einzelnen Gruppen. Diese relativ hohen Werte wurden in der Folgezeit aber nicht mehr erreicht. Die Unterschiede zum ersten Probestag zeigten sich in der Kontrollgruppe besonders deutlich.

In der Gesamtheit der Daten (3 Proben/Wiederholung) lag somit die Kottrockensubstanz der Lignintiere 2,8 % (nicht signifikant) über dem Wert der Kontrollgruppe (40,6 %). Tabelle 17 faßt diese Ergebnisse zusammen.

3.2.2.3 Blutplasmauntersuchung

Die gewonnenen Plasmaproben wurden vor und nach der Aufbereitung für die photometrische Messung subjektiv beurteilt. Für eine Plasmapverfärbung, ähnlich wie beim Ferkel, boten sich keine Anhaltspunkte.

Die photometrische Untersuchung der aufbereiteten Plasmaproben brachte das in Tabelle 18 aufgeführte Ergebnis.

Die unterschiedlichen Probenzahlen ergaben sich, da hämolysierte und trübe Plasmaproben von der Untersuchung ausgeschlossen werden mußten und nicht immer eine ausreichende Menge Plasma gewonnen werden konnte.

Die drei errechneten Gruppenmittelwerte für die Extinktionen zeigten keinen signifikanten Unterschied. Eine Plasmapverfärbung durch Ligninfütterung konnte daher bei der Ratte nicht reproduziert werden.

Tabelle 18: Extinktionswerte der teildeproteinisierten
Plasmaproben
Versuchsdauer: 6 Wochen
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)
Lignin (%)	0	1,5	3
Tierzahl	14	14	14
Plasmaprobenzahl	11	12	13
Extinktionswerte bei 546 nm			
E	0,129 ^a	0,126 ^a	0,136 ^a
(<u>±</u> s)	0,025	0,020	0,013

3.3 WACHTELVERSUCH

3.3.1 Versuchsplan

In einem orientierenden Versuch mit Wachtellegehennen sollten Informationen gesammelt werden, ob und inwieweit eine Ligninkomponente im Futter die Legeleistung beeinflusst. Ebenso sollten Blutplasma, Eiklar und Eidotter auf eine ligninbedingte Veränderung untersucht werden. Bis dahin lagen beim Geflügel noch keine Erkenntnisse über die Auswirkungen eines Organosolv-Ligninzusatzes zum Futter vor.

3.3.1.1 Versuchsanlage

Insgesamt wurden zwei Versuche durchgeführt, die im Folgenden mit W1 und W2 bezeichnet werden. In W1 sollten verträgliche Lignindosierungen ermittelt werden. Da Lignin als unverdaulich anzusehen ist, waren bei einer leistungsgerechten Fütterung einem Ligninzusatz natürliche Grenzen gesetzt. Deshalb wurden 7,5 % Lignin in der Basalration nicht überschritten. Die beiden Versuche W1 und W2 unterschieden sich in ihrer Anlage nur durch ihre veränderten Ligninkonzentrationen (W1: 2,5, 5 und 7,5 %; W2: 0,5, 1,5 und 2,5 %). Ansonsten waren sie identisch. Jeweils drei Ligningruppen wurden mit einer Kontrollgruppe verglichen. Die Tierzahl pro Gruppe betrug 4 mal 3 Wachtellegehennen. Tabelle 19 beschreibt diesen Versuchsaufbau.

3.3.1.2 Versuchstiere

Die Versuche wurden mit 48 Wachtellegehennen (*Coturnix coturnix japonica*) aus der institutseigenen Koloniezucht durchgeführt, die ca. vier (W1) bzw. sechs (W2) Monate alt waren.

Tabelle 19: Versuchsanlage

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin (%)				
W1	0	2,5	5,0	7,5
W2	0	0,5	1,5	2,5
Tierzahl	4 x 3	4 x 3	4 x 3	4 x 3

3.3.1.3 Versuchsdauer

Versuch W1 begann nach einer zehn-tägigen Vorperiode und wurde nach 13 Versuchstagen (6.9. - 19.9.1983) beendet. Für W2 (Vorperiode 6 Tage) betrug die Versuchsdauer 39 Tage (1.11. - 10.12. 1983), die in drei Abschnitte (Abschnitt 1 und 2 je 14 Tage, Abschnitt 3 11 Tage) aufgeteilt waren.

3.3.1.4 Versuchskriterien

Zu Versuchsbeginn und nach jedem Versuchsabschnitt wurden die Tiere einzeln gewogen. Für jeden Versuchsabschnitt wurden pro Käfig die Legeleistung und das mittlere Eigewicht bestimmt. In wöchentlichen Abständen wurden von allen Rationen die Eier eines Tages eingesammelt, diese vorsichtig geöffnet, das enthaltene Eiklar und Eidotter voneinander getrennt und aufgefangen. Das gewonnene Eiklar und das Eidotter der Eier der Lignintiere wurden anschließend hinsichtlich ihres Farbtons mit dem der Eier der Kontrollgruppe verglichen und subjektiv auf eine etwaige Farbabweichung beurteilt. Am Ende von W2 wurden alle Tiere der Kontrollgruppe und der 2,5 % Ligningruppe getötet und ausgeblutet. Aus dem aufgefangenen Blut wurde Plasma gewonnen, welches

bis zur späteren Untersuchung auf eine Plasmaverfärbung tiefgefroren gelagert wurde. An den Tierkörpern wurden abschließend die Ovarien freigelegt, an diesen die Eifollikel mit einem Durchmesser größer oder gleich 5 mm abgezählt und der Farbton der Eifollikel der Lignintiere subjektiv mit dem der Kontrolltiere verglichen.

3.3.1.5 Tierhaltung

Die Wachteln waren in einer Käfigbatterie aufgestellt. Drei Tiere wurden zusammen in einem Käfig (32 x 30 x 16-20 cm) gehalten. In jedem Käfig war eine Beckentränke angebracht. Der Stall, in dem die Tiere untergebracht waren, war täglich 24 Stunden beleuchtet.

3.3.1.6 Fütterung

3.3.1.6.1 Fütterungsregime

Die Fütterung der Tiere erfolgte käfigweise über kleine Futtertröge, die von außen in die Käfigtür eingehängt waren. Bei Versuchsbeginn wurde das Vorperiodenfutter (Koloniezuchtfutter) abgesetzt und anschließend auf Versuchsfutter umgestellt. Dieses wurde in Form von Pellets mit 3 mm Durchmesser angeboten.

3.3.1.6.2 Futterzusammensetzung

Über die Zusammensetzung der einzelnen Rationen informiert Tabelle 20. Lignin wurde zu Lasten von Tapioka ins Futter eingemischt.

In der Vorperiode wurde Legehennenfutter der institutseigenen Koloniezucht verwendet.

Tabelle 20: Futterzusammensetzung in den Versuchen W1 und W2
(Komponenten in %)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
W1:				
Lignin	0	2,50	5,00	7,50
Tapioka	7,50	5,00	2,50	0
W2:				
Lignin	0	0,50	1,50	2,50
Tapioka	7,50	7,00	6,00	5,00
Sojaextraktionsschrot	35,00	35,00	35,00	35,00
Mais	44,50	44,50	44,50	44,50
Anilac-N ¹⁾	3,50	3,50	3,50	3,50
Calciumcarbonat	6,50	6,50	6,50	6,50
Dicalciumphosphat	1,70	1,70	1,70	1,70
DL-Methionin	0,15	0,15	0,15	0,15
Viehsalz	0,25	0,25	0,25	0,25
Vitaminvormischung ²⁾	0,30	0,30	0,30	0,30
Spurenelementvormischung ³⁾	0,10	0,10	0,10	0,10
Luprosil	0,50	0,50	0,50	0,50

1) Anilac-N: Neutralisiertes, teilentzuckertes Molkenpulver

2), 3) siehe Tabelle 13, S. 53

3.3.1.7 Versuchsdurchführung

Alle Versuchstiere wurden zunächst individuell mit Flügelmarken versehen. Für die Vorperiode wurden sie dann in Gruppen zu drei Tieren auf die einzelnen Käfige verteilt. Diese 3er-Gruppen blieben auch im Versuch erhalten. Zu Versuchsbeginn wurden vier nahezu gewichtsgleiche Gruppen zu je 4 x 3 Tieren gebildet.

Das weitere Erfassen der Versuchsparameter wurde bereits unter 3.3.1.4 beschrieben.

3.3.1.8 Analytik - Untersuchung des Blutplasmas auf Verfärbung

Die Methodik der Untersuchung von Plasma auf eine durch Lignin bedingte Verfärbung wurde bereits unter 3.1.1.8.2 erläutert.

3.3.1.9 Versuchsverlauf

In Versuch W1 verendete am 4. Versuchstag eine Wachtel aus Gruppe (2) und am 12. Versuchstag ein Tier aus Gruppe (4). Da nach Versuchsbeginn von den Tieren mit ligninhaltigem Futter kaum noch Nahrung aufgenommen wurde, und so ihre Legeleistung rapide abfiel, wurde der Versuch am 13. Versuchstag abgebrochen.

Der Versuch W2 wurde mit denselben Tieren, nach Ergänzung der Verluste und einer Zwischenphase von ca. 6 Wochen (Koloniezuchtfutter), begonnen. Er verlief dann im wesentlichen ohne Störungen. In den 39 Versuchstagen verendeten insgesamt 5 Tiere, wobei jeweils eines aus Gruppe (1) (35. Tag), Gruppe (2) (15. Tag) und Gruppe (4) (35. Tag) stammte und 2 Tiere Gruppe (3) (29. und 31. Tag) zugehörten.

3.3.1.10 Versuchsauswertung

Die Lebendmasse wurde für jede Versuchsgruppe als Mittelwert mit Standardabweichung, errechnet aus den Tiereinzelwerten, angegeben.

3.3.2 Versuchsergebnisse

3.3.2.1 Gewichtsentwicklung

In Versuch W1 wurden die Tiere nur zu Versuchsbeginn gewogen. Die mittlere Lebendmasse der Tiere in den vier Versuchsgruppen betrug 161 ± 1 g. Wegen des Versuchsabbruchs wurde auf eine Wiegung zu Versuchsende verzichtet.

Zu Versuchsbeginn von W2 lagen die mittleren Lebendmassen der vier Vergleichsgruppen in einem Bereich zwischen 162 und 163 g (Tabelle 21). In den Gruppen (1) - (3) schwankten die Ergebnisse an den weiteren Wiegungstagen um die Werte bei Versuchsbeginn.

Tabelle 21: Lebendmasse (LM) im Versuch W2
Versuchsdauer: 39 Tage
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin (%)	0	0,5	1,5	2,5
Tierzahl	12/11	12/11	12/10	12/11
Wiederholungszahl	12/11	12/11	12/10	12/11
LM (g)				
Versuchsbeginn	163,1	162,1	163,2	162,1
($\pm s$)	14,5	9,9	12,2	10,4
15. Tag	164,7	159,5	162,7	157,4
($\pm s$)	11,5	9,1	16,0	15,5
29. Tag	166,4	163,2	162,9	159,3
($\pm s$)	15,9	10,9	19,2	17,7
Versuchsende	162,6 ^a	165,0 ^a	163,4 ^a	156,9 ^a
($\pm s$)	13,6	12,4	18,6	10,2
Relativ	100	102	101	97

Allein in Gruppe (4) war ein stärkeres Absinken unter das Ausgangsniveau zu verzeichnen, das auch bis Versuchsende nicht mehr ausgeglichen werden konnte. Die Differenz der Lebendmassen zwischen der 2,5 % Ligningruppe und der Kontrollgruppe war bei Versuchsende nicht signifikant.

3.3.2.2 Legeleistung und mittleres Eigewicht

Die Legeleistung der Tiere in Versuch W1 ist in Tabelle 22 wiedergegeben. Nachdem in der Vorperiode alle Ligningruppen die Legeleistung der Kontrolltiere übertrafen, war jedoch schon in der ersten Woche nach Umstellung auf Versuchsfutter ein massiver Abfall in der Anzahl der gelegten Eier zu verzeichnen. Diese Leistungsdepression prägte sich in der zweiten Woche so stark aus, daß die Legetätigkeit fast eingestellt wurde. Dabei war zwischen den Gruppen mit 2,5 - 7,5 % Ligninanteil kaum mehr ein Unterschied erkennbar.

Im mittleren Eigewicht (Tabelle 22) zeichnete sich in der ersten Woche über alle Gruppen ein Abfall unter die Werte der Vorperiode ab. Dieser Verlust an Eimasse war in der Kontrollgruppe mit 0,3 g am schwächsten und in Ligningruppe (2) mit 0,6 g am stärksten ausgeprägt. Möglicherweise wurde das langsamere Abfallen der Legetätigkeit der Gruppe mit 2,5 % Ligninanteil in der ersten Woche durch ein stärkeres Absinken des Eigewichts kompensiert. In der zweiten Versuchswoche war eine Ermittlung dieses Parameters wegen der geringen Eizahl nicht mehr sinnvoll.

In Versuch W2 ergaben sich, nach nunmehr abgeänderten Lignindosierungen, für die Legeleistung die in Tabelle 23 wiedergegebenen Zahlenwerte. Ein zunächst leichter Abfall in der Legetätigkeit der Tiere der Versuchsgruppen (1) und (2) in den ersten 14 Tagen konnte bis Versuchsende wieder ausgeglichen werden. Dage-

Tabelle 22: Legeleistung* und mittleres Eigewicht in W1
Versuchsdauer: 13 Tage
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin (%)	0	2,5	5,0	7,5
Tierzahl	12	12/11	12	12/11
Wiederholungszahl	4	4	4	4
Legeleistung (%)				
Vorperiode (<u>±s</u>)	75,8 17,3	80,8 15,0	88,3 3,4	89,1 9,0
1.-7. Tag (<u>±s</u>)	73,8 19,3	38,1 15,1	22,6 2,4	21,4 6,2
8.-13. Tag (<u>±s</u>)	72,2 ^a 19,7	2,8 ^b 5,6	5,6 ^b 0,0	1,4 ^b 2,8
Gesamt (<u>±s</u>)	73,1 ^a 19,4	22,1 ^b 8,7	14,8 ^b 1,3	12,4 ^b 4,1

Mittleres Eigewicht (g)				
Vorperiode (<u>±s</u>)	11,0 0,4	10,9 0,3	11,1 0,7	11,2 0,2
1.-7. Tag (<u>±s</u>)	10,7 0,5	10,3 0,3	10,7 0,9	10,7 0,4
8.-13. Tag (<u>±s</u>)	10,7 0,3	—	—	—

* Legeleistung berücksichtigt keine Wind- und Brucheier

Tabelle 23: Legeleistung* und mittleres Eigewicht in W2
Versuchsdauer: 39 Tage
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin (%)	0	0,5	1,5	2,5
Tierzahl	12/11	12/11	12/11/10	12/11
Wiederholungszahl	4	4	4	4
Legeleistung (%)				
Vorperiode	88,9	87,5	84,7	93,0
($\pm$ s)	4,5	10,5	19,4	2,8
1. Abschnitt	84,0	81,0	70,8	69,1
($\pm$ s)	5,3	12,8	17,9	12,3
2. Abschnitt	84,5	87,2	78,6	65,5
($\pm$ s)	1,4	6,8	13,1	19,2
3. Abschnitt	88,0	86,4	75,4	65,3
($\pm$ s)	4,1	5,8	15,0	13,6
Gesamt	85,3 ^a	83,9 ^a	74,6 ^a	66,6 ^a
($\pm$ s)	2,5	3,7	12,6	14,1
Eigewicht in (g)				
1. Abschnitt	11,0	10,8	11,1	10,8
($\pm$ s)	0,4	0,1	0,8	0,3
2. Abschnitt	11,2	11,0	11,1	10,4
($\pm$ s)	0,4	0,3	0,8	0,2
3. Abschnitt	11,3	11,1	10,8	10,2
($\pm$ s)	0,5	0,2	0,7	0,3
Gesamt	11,2	10,9	11,0	10,5
($\pm$ s)	0,4	0,2	0,8	0,1

* Legeleistung berücksichtigt keine Bruch- und Windeier

gen mußte in den Gruppen mit 1,5 und 2,5 % Ligninanteil nach Umstellung auf Versuchsfutter ein deutlicher Einbruch in der Legeleistung verzeichnet werden. Die Tiere der 1,5 % Ligningruppe konnten die Legeleistung dabei im weiteren Verlauf wieder etwas stabilisieren, so daß in der 5. und 6. Versuchswoche eine um 9 % unter dem Vorperiodenwert liegende Legeleistung gemessen wurde. In Gruppe (4) dagegen verharrte die Legeleistung auch während der weiteren Versuchswochen auf dem niedrigen Niveau (65 %).

Das mittlere Eigewicht (Tabelle 23) der Kontrollgruppe sowie der 0,5 und 1,5 % Ligningruppen entwickelte sich unauffällig. Lediglich in Gruppe (4) machte sich ab der 3. Woche ein Abfall des Eigewichts bemerkbar, der bis Versuchsende (Mittelwerte 5. - 6. Woche) 0,6 g erreicht hatte ($p < 0,1$ gegenüber dem Wert des 1. Abschnitts).

3.3.2.3 Dotterfarbe und Untersuchungen am Eierstock

In Versuch W1 fielen zuwenig Eier in den Ligningruppen an um sinnvolle Aussagen treffen zu können.

In W2 wiesen die Dotter der Eier von Tieren mit 2,5 % Ligninanteil im Futter von der 4. Versuchswoche an, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle, einen deutlich dunkleren Farbton (dunkelgelb) auf als die Eier der Kontrollgruppe (hellgelb). In den Gruppen (2) und (3) konnte dieses Phänomen nicht beobachtet werden. Der dunklere Farbton der Dotter war auch in den folgenden Wochen zu beobachten. Vor Versuchsende wurden an den letzten fünf Tagen die Eier dann täglich verglichen. Nahezu alle Eier aus Gruppe (4) wiesen einen dunkelgelben, die Eier der Tiere aus den übrigen Versuchsgruppen einen hellgelben Dotter auf. Am Eiklar konnten keine Farbveränderungen festgestellt werden. Leider

war es nicht möglich diesen subjektiven Farbeindruck mit einer objektiven Methode zu verifizieren, so daß die Aussagen auf subjektive Empfindungen angewiesen bleiben.

Am Versuchsende wurden die Tiere der Versuchsgruppen (1) und (4) getötet. Nach Eröffnung der Leibeshöhle wurden die Eierstöcke untersucht. Dabei ergab sich an den Ovarien folgender Befund:

Gruppe (1): 10 Tiere wurden untersucht.

Der Farbton der Follikel an den Ovarien war hellgelb. Von den 10 Tieren hatten 6 Tiere deutlich hellere Dotter, 2 Tiere etwas hellere Dotter als Gruppe (4); 2 Tiere trafen in etwa den Farbton von Gruppe (4).

Gruppe (4): 11 Tiere wurden untersucht.

Der Farbton der Follikel an den Ovarien war dunkelgelb. Alle Tiere hatten in etwa den gleichen Farbton an den Dotterfollikeln, der im Vergleich zur Gruppe (1) dunkler gelb erschien.

Zusätzlich wurden bei allen Tieren an den Eierstöcken die Follikel gezählt, die einen Durchmesser von größer oder gleich 5 mm aufwiesen. Es ergab sich für Gruppe (1) eine Summe von 36 Follikel, was bei 10 Tieren einem Durchschnitt von 3,6 Follikel pro Tier entspricht (Schwankungsbreite 2 - 4 Follikel). Für Gruppe (4) wurde eine Gesamtzahl von 35 Follikel ermittelt, was bei 11 Tieren einem Mittelwert von 3,2 Follikel pro Tier gleichkommt (Schwankungsbreite 2 - 4 Follikel).

Es scheint nahezuliegen, daß zwischen der geringeren Legeleistung der Tiere aus Versuchsgruppe (4) und ihrer geringeren Zahl an Follikeln am Eierstock ein Zusammenhang besteht.

3.3.2.4 Blutplasmauntersuchung

Nach subjektiver Beurteilung der gewonnenen Plasmaproben ergaben sich keine Hinweise auf eine Plasmaverfärbung.

Im Laufe der Aufarbeitung der Plasmaproben nach der in 3.1.1.8.2 beschriebenen Methode mußte festgestellt werden, daß das Plasma für eine photometrische Untersuchung ungeeignet war. Da die Tiere vor der Blutentnahme nicht gehungert hatten, sondern bis zuletzt Futter angeboten bekamen, war das Plasma durch Plasmalipide so hochgradig getrübt, daß die Messung einer Extinktion nicht mehr möglich war. Die Extinktionswerte standen in keinerlei Zusammenhang mit dem Farbton des Plasmas, sondern korrelierten nur mit dem Trübungsgrad, der die Lichtdurchlässigkeit entscheidend beeinflußte.

3.4 HÜHNERVERSUCH

3.4.1 Versuchsplan

Nach dem Wachtelversuch sollten in einem Versuch an Legehennen dessen Ergebnisse auf Gültigkeit für Geflügel überprüft werden. Speziell sollte dabei auf den Zusammenhang Nahrungsverweigerung - Verlust an Lebendmasse - Einbruch in der Legeleistung geachtet werden. Außerdem sollten etwaige Veränderungen der Dotter- und Blutplasmafarbe verfolgt werden.

3.4.1.1 Versuchsanlage

Drei Ligningruppen wurden mit einer ligninfrei ernährten Kontrollgruppe verglichen (1. Versuchsabschnitt). Nach drei Versuchswochen (Vorliegen von Zwischenergebnissen) wurden alle Gruppen für drei Wochen wieder auf Kontrollfutter gesetzt (Zwischenperiode). Nach dieser Übergangszeit wurde erneut ligninhaltiges Futter angeboten (2. Versuchsabschnitt). Dabei wurde allerdings auf die höchste Ligninkonzentration verzichtet und nur mehr mit zwei Ligningruppen gearbeitet. Gruppe (2), die in den ersten drei Versuchswochen 1 % Lignin im Futter hatte, wurde aus dem Versuch genommen. Den Gruppen (3) und (4) wurde im zweiten Versuchsabschnitt die jeweils niedrigere Ligninkonzentration (1 statt 2 % bzw. 2 statt 3 %) angeboten. Tabelle 24 verdeutlicht diesen Versuchsaufbau.

3.4.1.2 Versuchstiere

Als Versuchstiere standen 40 Legehennen (Lohmann selected Leghorn, LSL) zur Verfügung, die sich am Anfang der zweiten Legeperiode befanden (ca. 19 Monate alt). Die Hennen hatten zu Versuchsbeginn ein Durchschnittsgewicht von 1645 g.

Tabelle 24: Versuchsanlage

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin (%):				
1.-3. Woche	0	1	2	3
4.-6. Woche	0	-	0	0
7.-8. Woche	0	-	1	2
Tierzahl	5 x 2	5 x 2	5 x 2	5 x 2

3.4.1.3 Versuchsdauer

Der Versuch begann nach einer 7-tägigen Vorperiode (0. Woche). Der sich anschließende Versuchszeitraum (12.1. - 8.3.84) erstreckte sich über 8 Wochen (56 Tage), die in drei Phasen gegliedert wurden. Die 1. - 3. Woche (1. - 21. Tag) und die 7. - 8. Woche (43. - 56. Tag) waren dabei die eigentlichen Versuchstage (1. und 2. Versuchsabschnitt), der Zeitraum Woche 4 - 6 muß als Neutralisierungsphase (Zwischenperiode) angesehen werden. Versuchstechnisch wurde die 6. Woche als Vorperiode für die abschließenden beiden Versuchswochen 7 und 8 betrachtet.

3.4.1.4 Versuchskriterien

Zu Beginn und am Ende eines Versuchsabschnittes wurden die Hennen einzeln gewogen. Der Futterverzehr wurde über 14 Tage bestimmt, wenn es die Gliederung des Versuchs erforderte auch wöchentlich. Die Bestimmung der Legeleistung und des mittleren Eigewichtes erfolgte jede Woche. Für die Untersuchung auf eine Blutplasmaverfärbung wurde am 21. Tag von allen Tieren aus der V. ulnaris Blut entnommen und daraus Plasma gewonnen. Dazu wurde

den Tieren der Kontrollgruppe (1) 24 Stunden vorher das Futter entzogen, um eine verdauungsbedingte Plasmatrübung zu verhindern. Das Plasma blieb bis zur weiteren Verarbeitung für die photometrische Messung tiefgefroren gelagert.

Im Abstand von zwei Wochen sollten die Eier aller vier Gruppen nach ihrer Dotterfarbe subjektiv beurteilt werden.

3.4.1.5 Tierhaltung

Je zwei Hennen waren in einem Käfig (41 x 60 x 33-42 cm) einer Legehennenbatterie untergebracht. Für jeden Käfig stand eine Nippeltränke zur Verfügung. Der Stall war täglich von 5 - 21 Uhr beleuchtet.

3.4.1.6 Fütterung

3.4.1.6.1 Fütterungsregime

Die Futtertröge für die Tiere waren außen vor den Käfigen angebracht. Ein Futtertrog versorgte jeweils zwei Käfige (4 Tiere). Die 5. Wiederholung einer jeden Versuchsgruppe wurde über einen Einzeltrog mit Futter versorgt. So ergaben sich für jede Versuchsgruppe insgesamt drei voneinander unabhängige Futterquellen.

3.4.1.6.2 Futterzusammensetzung

Drei Versuchsgruppen erhielten Futter, in das Lignin in verschiedenen Konzentrationen zu Lasten von Grünmehl eingemischt war. Die Kontrollgruppe (1) wurde ligninfrei ernährt. Das Futter wurde den Tieren mehlförmig angeboten. Tabelle 25 informiert über die Futterzusammensetzung.

Tabelle 25: Futterzusammensetzung (Komponenten in %)

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin	0	1,00	2,00	3,00
Grünmehl	3,00	2,00	1,00	0
Mais	54,40	54,40	54,40	54,40
Sojaextraktionsschrot	24,00	24,00	24,00	24,00
Weizenkleie	4,00	4,00	4,00	4,00
Schweineschmalz	2,00	2,00	2,00	2,00
Sojaöl	2,00	2,00	2,00	2,00
Calciumcarbonat	7,80	7,80	7,80	7,80
Dicalciumphosphat	2,00	2,00	2,00	2,00
Viehsalz	0,25	0,25	0,25	0,25
DL-Methionin	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitaminvormischung ¹⁾	0,35	0,35	0,35	0,35
Spurenelementvormischung ²⁾	0,10	0,10	0,10	0,10

1) Die Vitaminvormischung enthält in 3,5 g (= pro kg der fertigen Mischung): 5,25 mg Retinol, 38,5 µg Cholecalciferol, 42 mg α-DL-Tocopherolacetat, 1,4 mg Menadionbisulfit, 6,3 mg Thiamin, 8,4 mg Riboflavin, 3,5 mg Pyridoxin, 35 µg Cobalamin, 105 µg Biotin, 210 µg Folsäure, 21 mg Ca-Pantothenat, 63 mg Nikotinsäure, 525 mg Cholin, 105 mg Ascorbinsäure.

2) siehe Tabelle 13, S. 53

3.4.1.7 Versuchsdurchführung

Zu Beginn der Vorperiode (Kontrollfutter) wurden die Tiere individuell mit Flügelmarken gekennzeichnet und paarweise auf die Käfige verteilt. Zu Versuchsbeginn wurden unter Berücksichtigung der Kriterien Legeleistung, mittleres Eigewicht und Lebendmasse aus den 20 Käfigen mit 40 Tieren vier leistungsähnliche Vergleichsgruppen zu je fünf Käfigen gebildet. Dann wurde auf das entsprechende Versuchsfutter umgestellt. Nach 3-wöchiger Versuchsdauer erhielten alle Tiere in der Zwischenperiode (3 Wochen) wieder Kontrollfutter. Für die letzten beiden Versuchswochen wurden die vorhandenen Gruppen nicht mehr verändert, son-

dern lediglich einem erneuten Futterwechsel unterzogen. Die Tiere von Gruppe (2) wurden aus dem Versuch genommen. Die während des Versuchs untersuchten Parameter wurden bereits in 3.4.1.4 Versuchs-kriterien beschrieben.

3.4.1.8 Analytik - Untersuchung des Blutplasmas auf Verfärbung

Die Methodik der Untersuchung von Plasma auf eine durch Lignin bedingte Verfärbung wurde bereits unter 3.1.1.8.2 erläutert.

3.4.1.9 Versuchsverlauf

Im ersten Versuchsabschnitt (Woche 1 - 3) verendeten drei Tiere. Zwei Tiere stammten aus Gruppe (4) (3. und 8. Tag), ein Tier aus Gruppe (2) (3. Tag). Am 23. Tag (Zwischenperiode) starb ein Tier aus Gruppe (3). Den Todesursachen wurde nicht nachgegangen.

In den ersten drei Versuchswochen wurde in allen Ligningruppen eine starke Verzehrsdepression beobachtet. Die meisten Tiere dieser Ligningruppen zeigten Anzeichen einer Mauser. Ihre Lebendmasse hatte so stark abgenommen, daß eine Umstellung auf Kontrollfutter notwendig erschien, um sie nicht der Gefahr des Hungertodes auszusetzen. Die Erholungsphase dauerte drei Wochen. Danach wurde in der bereits angegebenen Weise (3.4.1.1) nochmals auf Versuchsfutter umgestellt. Dies sollte die bereits erhaltenen Ergebnisse absichern.

3.4.1.10 Versuchsauswertung

Die mittlere Lebendmasse mit Standardabweichung wurde für jede Versuchsgruppe aus den Tiereinzelwerten errechnet. Der Mittelwert im Futterverzehr basiert auf den Ergebnissen der drei Futtertröge in jeder Rationsgruppe.

3.4.2 Versuchsergebnisse

3.4.2.1 Gewichtsentwicklung und Futterverzehr

Tabelle 26 zeigt die Entwicklung der Lebendmassen der vier Versuchsgruppen. Während in Kontrollgruppe (1) eine geringfügige Lebendmassezunahme beobachtet werden konnte, verloren die Tiere mit ligninhaltigem Futter wesentlich an Gewicht. Für die Hennen

Tabelle 26: Lebendmasse (LM)
Versuchsdauer: 8 Wochen
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin (%)	0	1	2	3
Wiederholungszahl	10	9	10	8
Tierzahl	10	9	10	8
LM (g)				
Versuchsbeginn	1677	1650	1638	1613
(+s)	300	147	141	205
14. Tag	1709	1459	1306	1233
(+s)	234	142	145	93
21. Tag	1733 ^a	1462 ^b	1249 ^c	1190 ^c
(+s)	233	113	168	97
Lignin (%)	0	—	1	2
Wiederholungszahl	10	—	9	8
Tierzahl	10	—	9	8
43. Tag	1748	—	1680	1692
(+s)	267	—	87	123
56. Tag	1721 ^a	—	1459 ^b	1311 ^c
(+s)	325	—	127	167

aus Gruppe (2) wurde nach 2 Wochen mit 191 g die geringste Abnahme gemessen, in der folgenden Versuchswoche blieb das Körpergewicht annähernd unverändert. Die beiden anderen Gruppen mit 2 bzw. 3 % Lignin im Futter zeigten dagegen einen dramatischen Gewichtsverlust bis in die 3. Woche. Nach der 21-tägigen Zwischenperiode hatten sich diese Tiere allerdings gut erholt und wiesen wieder Lebendmassen auf, die sogar über den Werten von Versuchsbeginn lagen. Nach der 2. Versuchsperiode, d.h. nach weiteren 14 Tagen mit ligninhaltigem Futter (1 bzw. 2 % Lignin), bot sich dann jedoch auch bei diesen Tieren das gleiche Bild wie nach den ersten 14 Versuchstagen (1. Versuchsperiode) in den Gruppen mit 1 und 2 % Lignin (Lebendmasseverlust nach 14 Tagen bei 1 bzw. 2 % Lignin in Versuchsperiode I: 191 bzw. 332 g, in Periode II: 221 bzw. 381 g).

Die Ursache für diesen rapiden Gewichtsverlust ist in Tabelle 27 zu erkennen. Der Futterverzehr macht deutlich, daß die Tiere bei Umstellen auf ligninhaltiges Futter augenblicklich die Nahrungsaufnahme reduzierten, wobei zwischen 1 % und 2 bzw. 3 % Ligninanteil im Futter noch ein Unterschied auszumachen ist, während zwischen 2 und 3 % Lignin kaum noch Differenzen bestehen. So weist Gruppe (4) in der 3. Woche gerade noch ein Viertel des Futterverzehrs der Kontrollgruppe auf, während in Gruppe (2) immerhin noch 40 % des Kontrollgruppenverzehrs gemessen wurden. Die erneute Umstellung auf ligninhaltiges Futter nach der 3-wöchigen Zwischenperiode führte zu ähnlichen Ergebnissen.

3.4.2.2 Legeleistung und Eigewicht

In der Vorperiode zeigten die Legehennen über die Gruppengrenzen hinweg eine ausgeglichene Legeleistung (Tabelle 28). Schon nach einer Versuchswoche war bei allen Tieren, die Lignin im Futter erhielten, ein deutliches Absinken in der Zahl der gelegten Eier

Tabelle 27: Futterverzehr (FVZ)
Versuchsdauer: 8 Wochen
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin (%)	0	1	2	3
Wiederholungszahl	3	3	3	3
Tierzahl	10	10/9	10	10/9/8
FVZ (g/Tier und Tag)				
1. und 2. Woche	103	55	31	24
(<u>±</u> s)	15	10	7	4
3. Woche	113	45	26	28
(<u>±</u> s)	8	21	11	11
Gesamt*	107 ^a	52 ^b	29 ^c	26 ^c
(<u>±</u> s)	12	12	8	6
Lignin (%)	0	—	1	2
Tierzahl	10	—	9	8
6. Woche (ZP)	110	—	107	120
(<u>±</u> s)	4	—	19	2
7. und 8. Woche*	101 ^a	—	63 ^b	38 ^c
(<u>±</u> s)	8	—	6	3

* Statistische Prüfung mit einseitigem Test

Tabelle 28: Legeleistung*
Versuchsdauer: 8 Wochen
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin (%)	0	1	2	3
Wiederholungszahl	5	5	5	5
Tierzahl	10	10/9	10	10/9/8
Legeleistung (%)				
0. Woche (VP)	65,7	64,3	65,7	65,7
(+s)	22,2	18,2	15,5	19,8
Bruch/Wind**	1,4/1,4	1,4/0,0	5,7/10,0	7,1/7,1
1. Woche	68,3	54,3	48,3	40,0
(+s)	23,1	16,3	17,1	29,7
Bruch/Wind	11,7/0,0	2,9/6,7	10,0/1,7	6,7/4,5
2. Woche	58,6	27,2	2,9	4,3
(+s)	30,5	14,7	6,4	6,4
Bruch/Wind	4,3/0,0	0,0/2,8	1,4/2,8	1,4/0,0
3. Woche	72,9 ^a	5,7 ^b	1,4 ^b	0 ^b
(+s)	17,8	9,3	3,2	—
Bruch/Wind	10,0/1,4	1,4/2,9	1,4/0,0	—
Gesamt	66,5	28,1	16,0	14,7
(+s)	23,2	11,4	7,2	11,3
Bruch/Wind	8,5/0,5	1,5/4,0	4,0/1,5	2,8/1,5
Lignin (%)	0	—	1	2
Tierzahl	10	—	9	8
6. Woche (ZP)	52,9	—	50,0	75,7
(+s)	8,1	—	28,1	35,6
Bruch/Wind	2,8/12,8	—	1,4/1,4	4,3/1,4
7. Woche	65,7	—	54,3	40,0
(+s)	19,8	—	17,2	16,4
Bruch/Wind	8,6/8,6	—	5,7/2,9	4,3/5,7
8. Woche	55,7 ^a	—	20,0 ^{ab}	2,9 ^b
(+s)	33,3	—	18,5	6,4
Bruch/Wind	2,8/10,0	—	1,4/4,3	1,4/0,0
Gesamt	60,7	—	40,7	27,9
(+s)	24,9	—	14,0	6,4
Bruch/Wind	5,7/9,3	—	3,6/3,6	2,9/2,9

* Legeleistung beinhaltet Brucheier, nicht Windeier

** Bruch: %-Anteil der Brucheier an der Legeleistung;

Wind: zusätzlich zur Legeleistung gelegte Windeier in %

zu verzeichnen, das sich in der 2. Woche fortsetzte und bei den Gruppen mit 2 bzw. 3 % Lignin im Futter in der 3. Versuchswoche mit der Einstellung der Legetätigkeit endete. In Gruppe (2) verlief die Abnahme der Legeleistung in der Tendenz ähnlich, wenn auch gegenüber den Gruppen mit höheren Ligninkonzentrationen verzögert.

Der Anteil an Bruch- und Windeiern wurde durch die Versuchsvariablen nicht beeinflusst.

1 und 2 % Lignin in der 7. und 8. Versuchswoche (Tabelle 28) führten im Prinzip zu einer vergleichbaren Depression der Legeleistung. Damit wurde das Ergebnis der 1. Versuchsperiode bestätigt. Die Legetätigkeit der 1% Ligningruppe in der 7. Versuchswoche war noch nicht durch Lignin beeinträchtigt, was wohl auf die niedrige Legeleistung zu Beginn der 2. Versuchsperiode zurückzuführen sein dürfte.

Eine Übersicht über die Entwicklung des mittleren Eigewichts bietet Tabelle 29. In den Gruppen mit 1 bzw. 2 % Lignin im Futter wurde in der 1. und 2. Versuchswoche parallel zum Absinken der Legeleistung auch eine Verringerung des Eigewichts festgestellt. Bei stärkerem Rückgang der Legeleistung (1. und 2. Woche bei 3 % Lignin, 3. Woche bei 1 und 2 % Lignin) bestand zum durchschnittlichen Eigewicht der Kontrollgruppe kein erkennbarer Unterschied. Allerdings bieten die abschließenden Zahlen des 1. Versuchsabschnitts keine zuverlässigen Vergleichsmöglichkeiten mehr, da die Zahl der Eier zu stark reduziert war und zudem nicht mehr in allen Käfigen Eier gelegt wurden.

Eine annähernde Normalisierung der Legeleistung der Gruppen mit ursprünglich 2 und 3 % Ligninanteil während der 3-wöchigen Zwischenperiode (mit Kontrollfutter) war allerdings mit geringeren Eigewichten verbunden. Sie kehrten in der Zwischenperiode nicht

Tabelle 29: Mittleres Eigewicht
Versuchsdauer: 8 Wochen
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin (%)	0	1	2	3
Wiederholungszahl	5	5	5	5
Tierzahl	10	10/9	10	10/9/8
Eigewicht (g)				
0. Woche (VP)	72,5	72,8	71,0	72,7
($\pm$ s)	4,9	5,5	2,4	5,6
1. Woche	71,2	68,6	65,4	70,2
($\pm$ s)	4,7	4,7	2,4	7,5
2. Woche	69,7	68,1	62,4	78,8
($\pm$ s)	4,4	5,8	(n=2)	(n=1) *
3. Woche	70,9	72,1	74,9	—
($\pm$ s)	5,0	(n=3)	(n=1)	—
Lignin (%)	0	—	1	2
Tierzahl	10	—	9	8
6. Woche (VP)	72,3	—	65,3	65,8
($\pm$ s)	3,8	—	3,3	11,0
7. Woche	71,2	—	67,5	70,1
($\pm$ s)	5,1	—	1,5	3,3
8. Woche	72,5	—	66,6	69,9
($\pm$ s)	3,3	—	1,6	(n=2)

* n = Anzahl der Eier

mehr in den Bereich der Werte der Kontrollgruppe zurück. Das Eigewicht in der 1 % Ligningruppe des 2. Versuchsabschnitts änderte sich gegenüber der letzten Woche der Zwischenperiode kaum mehr. Es lag damit auf dem Niveau der Vergleichsgruppe des 1. Versuchsabschnitts. 2 % Lignin führten in dieser Periode zu ähnlichen Ergebnissen wie 3 % Lignin in Periode I (hohes Eigewicht bei geringerer Eizahl).

3.4.2.3 Dotterfarbe

Wegen zu geringer Eizahl nach 3 bzw. 2 Versuchswochen (Ende der jeweiligen Versuchsabschnitte) war es nicht möglich, Aussagen über den Einfluß des Ligninzusatzes auf die Dotterfarbe zu machen.

3.4.2.4 Blutplasmauntersuchung

Die subjektive Beurteilung der Plasmaproben nach drei Wochen Ligninfütterung brachte keinen Hinweis auf eine Verfärbung.

Die photometrische Untersuchung der teildeproteinisierten Proben lieferte das in Tabelle 30 zusammengefaßte Ergebnis.

Die errechneten Mittelwerte für die Extinktionen lagen, mit Ausnahme von Gruppe (2), relativ eng zusammen. Aber auch der Wert für Gruppe (2) unterscheidet sich nicht signifikant von den übrigen Zahlen, weshalb von einer ligninbedingten Plasmaverfärbung auf Grund dieser Ergebnisse nicht ausgegangen werden kann.

Tabelle 30: Extinktionswerte der teildeproteinisierten
Plasmaproben
Versuchsdauer: 3 Wochen
Mittelwerte mit Standardabweichung

Code-Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)
Lignin (%)	0	1	2	3
Tierzahl	10	9	10	8
Plasmaprobenzahl ¹⁾	9	6	10	7
Extinktionswerte bei 546 nm				
E	0,104 ^a	0,125 ^a	0,110 ^a	0,106 ^a
(±s)	0,031	0,033	0,037	0,024

1) Die Differenz zwischen Tierzahl und Plasmaprobenzahl ergab sich, da hämolytische und trübe Proben von der Untersuchung ausgeschlossen wurden.

4. DISKUSSION

4.1 KÄLBERVERSUCH

In allen vier Versuchsabschnitten konnte gezeigt werden, daß der Zusatz von Saccharose und Fructose bzw. von Saccharose allein zum Milchaustauschfutter bei Kälbern einen diätetisch bedingten Durchfall hervorruft. Dies läßt sich besonders anschaulich an den erniedrigten Kottrockensubstanzgehalten ablesen. Unter normalen Fütterungsbedingungen liegt der Kottrockensubstanzgehalt von Mastkälbern zwischen 18 und 22 %. Bereits der Zusatz von 5 % Saccharose zum Milchaustauschfutter (Versuchsabschnitt K4) hat diesen Wert auf ca. 14 % absinken lassen. Bei einer Verdoppelung des Saccharoseanteils im Futter (10 % in K3) wurden nur noch 11 % Kottrockensubstanz gemessen. Eine weitere Erhöhung des Anteils schlecht bzw. nichtverdaulicher Kohlenhydrate in K2 auf 15 % Saccharose und 3,75 % Fructose bzw. in K1 auf 20 % Saccharose und 5 % Fructose führte schließlich zu Trockensubstanzgehaltswerten im Kot von ca. 9 bzw. 8 %. Das Allgemeinbefinden der Kälber war dabei nicht gestört, was wohl mit der relativ kurzen Versuchsdauer in Zusammenhang gesehen werden muß.

Die Kottrockensubstanzverdaulichkeit war in viel geringerem Maße von dem Kohlenhydratzusatz beeinflusst. Bei 5 bzw. 10 % Saccharose im Futter wurden mit 92 bzw. 93 % Trockensubstanzverdaubarkeit Werte gemessen, die durchaus im Normbereich liegen. Ähnliches gilt auch für die scheinbare Verdaubarkeit des Futterrohproteins, die in beiden Versuchen mit ca. 90 % gemessen wurde. Allein 18,75 und 25 % schlechtverdauliche Kohlenhydrate im Futter bewirkten schließlich ein Absinken der Trockensubstanzverdaubarkeit und der scheinbaren Verdaulichkeit von Rohprotein unter 90 %.

Schätzt man an Hand der experimentell ermittelten Verdaulichkeitsquotienten für die Futterrockensubstanz sowie des Kottrockensubstanzgehaltes die ausgeschiedene Kotwassermenge, so ergibt sich mit steigendem Kohlenhydratanteil im Futter eine Erhöhung der Kotwasserausscheidung. Die einzelnen Werte finden sich in Tabelle 31.

Der Zusatz von Lignin hat in allen vier Versuchsabschnitten zu einer Erhöhung des Kottrockensubstanzgehaltes sowie zu einer mehr oder weniger deutlich ausgeprägten Verringerung der Verdaubarkeit der Futterrockensubstanz und des Futterrohproteins geführt. Die Angaben für verdauliche Futterrockensubstanz dürften in gewissem Maße verfälscht sein, wenn man davon ausgeht, daß der zugesetzte Ligninanteil von Natur aus weitgehend unverdaulich ist. Selbst wenn dies aber berücksichtigt wird, ergeben sich noch immer geringgradig erniedrigte Werte bei Ligninzusatz gegenüber Futter ohne Lignin. Es muß also davon ausgegangen werden, daß ein Zusatz von 5 % Lignin grundsätzlich die Verdaubarkeit der Trockensubstanz und ebenfalls die scheinbare Verdaulichkeit des Rohproteins geringfügig negativ beeinträchtigt. Die Veränderung der Verdaulichkeit für Rohprotein liegt etwa in derselben Größenordnung wie bei der um den unverdaulichen Ligninanteil korrigierten Trockensubstanzverdaulichkeit. Sie macht in der Regel ein bis zwei Prozentpunkte aus (mit Ausnahme von K3, in dem durchweg höhere Differenzen gefunden wurden). Praktische Auswirkungen auf die Leistung von Kälbern dürften von dieser geringgradig reduzierten Versorgung mit verdaubarer Trockensubstanz bzw. verdaubarem Rohprotein nicht erwartet werden.

Die in den Versuchen K1 - K4 durchgeführten Messungen der Lebendmassezunahme und der Futterverwertung bestätigen die obige Schlußfolgerung, auch wenn sie unter den Vorbehalt der relativ kurzen Versuchsdauer (K3: 5 Tage, K1+K2: 10 Tage) gestellt werden muß.

In allen Versuchen war die subjektiv beobachtete Kotkonsistenz mit dem analytisch ermittelten Kottrockensubstanzgehalt brauchbar korreliert. Betrachtet man die Anhebung des Kottrockensubstanzgehaltes durch Lignin als Gradmesser der Ligninwirkung, so gelangt man zu dem Schluß, daß dieses Ansteigen durchaus von der Auswirkung der Kohlenhydrate auf die Erhöhung des Kotwassergehaltes abhängig ist. Bei 20 % Saccharose und 5 % Fructose (K1) wurde der Kottrockensubstanzgehalt durch 5 % Lignin nur um 2 % (7,9 auf 9,9 %) angehoben. Bei 15 % Saccharose und 3,75 % Fructose (K2) betrug die Verbesserung bereits 2,3 %; bei 10 % Saccharose (K3) 3,7 %. Am höchsten waren die Differenzen im Kottrockensubstanzgehalt in K4 ausgefallen. Hier hatte der Zusatz von Lignin eine Erhöhung des Kottrockensubstanzgehaltes um 5,9 % (von 13,9 auf 19,8 %) zur Folge.

Es muß gefragt werden, ob diese Erhöhung des Kottrockensubstanzgehaltes unmittelbar auf den Zusatz eines weitgehend unverdaulichen Mischfutteranteils wie Lignin zurückzuführen ist. In Tabelle 31 findet sich eine Modellrechnung, die auf den in den einzelnen Versuchsabschnitten ermittelten, durchschnittlichen Werten der verdaulichen Futterrockensubstanz sowie des Kottrockensubstanzgehaltes basiert. Um die in den einzelnen Gruppen fallweise unterschiedliche Futteraufnahme auszugleichen, bezieht sich diese Modellrechnung jeweils auf 1000 g Futterrockensubstanzaufnahme. Obwohl geringe Unterschiede im Trockensubstanzgehalt der einzelnen Futtermischungen einerseits und von Lignin andererseits bestanden, wird hier vereinfachend angenommen, daß 1000 g Futterrockensubstanz auch 5 % Lignintrockensubstanz enthalten.

Die Kottrockensubstanzausscheidung in Versuchsabschnitt K1 wurde auf 121 g geschätzt. Der Zusatz von Lignin erhöhte diese Ausscheidung auf 176 g. Die Mehrausscheidung von 55 g entspricht in etwa der zugeführten Ligninmenge. In K2 beträgt die Differenz

Tabelle 31: Schätzwerte der Ausscheidung an Kottrockensubstanz und Kotwasser

Zufuhr: 1000 g Futterrockensubstanz ohne bzw. mit 5 % Lignin

Versuchsabschnitt	K1		K2		K3		K4	
Saccharose (%)	20,0		15,00		10		5	
Fructose (%)	5,0		3,75		—		—	
Lignin (%)	—	5	—	5	—	5	—	5
Kot-TS (g)	121	176	108	165	69	156	76	129
Kotwasser (g)	1415	1605	1158	1366	573	921	460	523

57 g. Allein in Versuch K3, in dem auch eine auffällig deutliche Verdaulichkeitsdepression sowohl der Trockensubstanz wie auch des Rohproteins gemessen wurde, beträgt die Kotmehrausscheidung der Ligningruppe 87 g und ist schwerlich durch die Ligninzufuhr alleine zu erklären. In Versuchsabschnitt K4 wurden an den Lignintagen 53 g Kottrockensubstanz mehr ausgeschieden, wobei dieser Wert wieder in dem von K1 und K2 vorgegebenen Rahmen liegt. Aus diesem Vergleich geht hervor, daß die Erhöhung des Kottrockensubstanzgehalts ganz sicher mit der Zufuhr eines weitgehend unverdaulichen Mischfutterbestandteils (Lignin) und dessen Ausscheidung über den Kot in Zusammenhang steht.

Die Kotwasserausscheidung, die sich aus Tabelle 31 ablesen läßt, zeigt allerdings auch, daß der fäkale Wasserverlust in allen Versuchsabschnitten in den Ligningruppen gegenüber der jeweiligen Kontrollgruppe erhöht war. Mit Ausnahme von K3 liegt diese Mehrausscheidung an Kotwasser im Bereich von 13 - 18 %. Daraus geht hervor, daß eine Erhöhung des Kottrockensubstanzgehaltes,

die allein auf den relativ höheren Anteil von Lignin im Kot zurückzuführen wäre, in allen Versuchen noch deutlich höher hätte ausfallen müssen als tatsächlich gemessen wurde.

Dieser Befund einer erhöhten Kotwasserausscheidung steht in brauchbarer Übereinstimmung mit früheren Befunden von GROPP et al. (1983), bei denen ebenfalls 5 % Lignin zu einem Milchaustauschfutter (allerdings ohne Zusatz unverdaulicher Kohlenhydrate) zugesetzt worden waren. Bei Verwendung eines Milchaustauschfutters aus dem Handel hatte die Verbesserung des Kottrockensubstanzgehaltes 2,1 % (von 19,2 auf 21,3 %) betragen. Da die Trockensubstanzverdaubarkeit in der Ligningruppe deutlicher abgefallen war als in den vorliegenden Versuchen, resultierte daraus eine Kotwassermehrausscheidung von 29 %. Auch bei Ferkeln (OTT, 1983) führte der Zusatz von 5 % Lignin zum Ferkelaufzuchtfutter (Ferkellebendmasse bei Versuchsbeginn: 6,5 kg) zu einer um 9 % erhöhten Kotwasserausscheidung. Die weiteren Befunde allerdings, die mit 2,5 und 1,25 % Ligninzusatz zum Futter nach gleichem rechnerischen Vorgehen erhalten wurden, zeigen, daß dieser Effekt mit geringer werdender Lignindosierung abnimmt und sich bei Konzentrationen zwischen 1,25 (OTT, 1983) und 1,5 % (GROPP et al., 1983) ins Gegenteil verkehrt. Mit diesen niedrigen Lignindosierungen war bei ebenfalls angehobenem Kottrockensubstanzgehalt die Kotwasserausscheidung vermindert, was sich aus den dort erhobenen, in etwa gleichen Werten der Futtertrockensubstanzverdaubarkeit auch schon hatte folgern lassen.

In den Untersuchungen von KLONER (1984) führten Ligninzusätze von 1,5 und 4,5 % zum Ferkelfutter zu einer Verringerung der Kotwasserausscheidung um 5 bzw. 15 %. Hier war allerdings Durchfall durch orale Verabreichung pathogener Coli-Bakterien provoziert worden.

Aus den vorhandenen Untersuchungen darf folglich geschlossen werden, daß hinsichtlich der Beeinflussung der Kotwasserausscheidung durch Lignin mit Sicherheit Unterschiede zwischen jun-

gen Ferkeln und milchaustauschernährten Kälbern bestehen. Bei Ferkeln ist die durch 5 % Ligninzusatz bewirkte Kotwassermehrausscheidung niedriger einzuschätzen als bei Kälbern. Darüber hinaus kann angenommen werden, daß für infektiös bedingte Durchfälle auch hinsichtlich des Lignineffekts andere Voraussetzungen bestehen als bei diätetisch induzierten Durchfällen.

Die dargestellten Schätzwerte lassen den positiven Effekt eines Ligninzusatzes zur Durchfallprophylaxe als fraglich erscheinen.

Alle Kälber in den vier Versuchsabschnitten hatten freien Zugang zu Wasser. Insofern kann nicht entschieden werden, ob möglicherweise die Lignintiere zusätzlich zur Tränke mehr Wasser aufnehmen als die Kontrolltiere.

Der diätetisch bedingte Durchfall wird ausgelöst durch einen erhöhten osmotischen Druck im Darmbrei infolge des mikrobiellen Abbaus unverdauter Kohlenhydrate im Dickdarm. Als Folge tritt eine vermehrte Peristaltik und ein erhöhter Wassereinstrom ins Darmlumen ein; beide Faktoren lösen letztlich den Durchfall aus. Bei gleichem Anfall osmotisch wirksamer Abbauprodukte (freie Fettsäuren) bewirkt eine Erhöhung der Wasseransammlung im Dickdarm mit Sicherheit eine Verminderung des dort primär bestehenden osmotischen Druckes. Bei gleichzeitiger relativ höherer Eindickung des Darminhalts (erhöhte Kottrockensubstanz durch Lignin) dürfte die Stimulierung der Darmperistaltik wahrscheinlich geringer ausfallen. Wenn gleichzeitig bakterielle Abbauprodukte an Lignin gebunden werden, kann insgesamt mit stabileren Verhältnissen und letztlich einem besseren Schutz vor dem Überwandern von Dickdarmkeimen in den Dünndarm bzw. vor Folgeprodukten bakteriellen Stoffwechsels gerechnet werden. Insofern könnte dennoch vom Ligninzusatz eine Art Durchfallprophylaxe erwartet werden.

Nachdenklich muß allerdings stimmen, daß trotz besseren Augenscheins (Kotkonsistenz) die Kotwasserausscheidung und damit auch die fäkale Elektrolytexkretion erhöht sein dürfte. Dadurch kann es zu einer Maskierung von Durchfall kommen, wodurch unter Umständen lebensbedrohliche Elektrolytverluste erst relativ spät erkannt werden.

Die bisher aufgeführten Schlußfolgerungen gelten für 5 % Ligninzusatz. Es bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten zu klären, ob die bei Ferkeln aufgetretene Dosisabhängigkeit bzw. die Umkehr des Lignineffekts auf die fäkale Wasserausscheidung bei niedrigeren Dosierungen bei Kälbern ebenfalls eintritt. Präzise Schlußfolgerungen über den Nutzen einer Durchfallprophylaxe durch Lignin dürften daher erst nach Vorlage entsprechender Versuchsergebnisse mit ca. 2 % Ligninzusatz zum Milchaustauschfutter gezogen werden.

4.2 RATTENVERSUCH

Der Rattenversuch wurde ausschließlich unter dem Aspekt Etablierung eines Modells der Plasmaverfärbung angestellt.

Die Gewichtsentwicklung der Ratten mit 1,5 und 3 % Ligninanteil im Futter unterschied sich kumulativ unwesentlich von den Werten der Kontrollgruppe. Auf Grund der geringen Zuwachsraten waren auch keine deutlichen Wachstumsunterschiede zu erwarten. Allerdings konnten auch SHAH et al. (1982) mit einem 3 %igem Ligninzusatz zum Futter von wesentlich jüngeren Ratten keinen signifikanten Unterschied in der Lebendmassezunahme dieser Lignintiere im Vergleich zur Kontrollgruppe feststellen. Insofern sind die beiden Ergebnisse durchaus vergleichbar.

Die gleichwertigen Wachstumsraten für die Versuchsgruppen waren mit ähnlichen Ergebnissen im Futterverzehr korreliert. Anzeichen einer Verzehrsdepression bei den Tieren mit ligninhaltigem Futter konnten nicht gefunden werden. Deshalb überrascht es auch nicht, daß sich für die Futterverwertung, über den gesamten Versuchszeitraum berechnet, keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Vergleichsgruppen ergaben.

Die Auswirkungen des Ligninzusatzes auf die Entwicklung der Kottrockensubstanzgehaltswerte waren in einer Erhöhung des Kottrockensubstanzgehaltes um 2,8 % (im Mittel aus 3 Probetagen) bei den Lignintieren gegenüber der Kontrollgruppe deutlich zu erkennen. Ein Unterschied zwischen der 1,5 und 3 % Ligningruppe war dabei nicht mehr auszumachen. Diese Steigerung des Kottrockensubstanzgehaltes mit Ligningaben steht in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus Versuchen an anderen Tierarten wie Ferkeln (OTT, 1983; GROPP et al., 1983) und Kälbern (GROPP et al., 1983). Eine Modellrechnung wie sie für den Kälbersversuch unternommen wurde, um Aussagen über die Kotwasserausscheidung gewinnen zu können, ist in diesem Falle nicht möglich, da kein Indikator zum Futter beigemischt war. Deshalb können keine Aussagen über die Futtertrockensubstanzverdauung - die für eine Modellrechnung nötig wären - gemacht werden.

Die Untersuchung des Blutplasmas auf eine ligninbedingte Verfärbung ergab keine Unterschiede zwischen der Kontrollgruppe und den Gruppen mit einem Ligninzusatz zum Futter. Eine Plasmaverfärbung war demnach bei der Ratte nicht reproduzierbar. Somit konnte eine Etablierung des Modells Plasmaverfärbung bei der Ratte nicht erreicht werden.

4.3 VERSUCHE AN GEFLÜGEL

Die Versuche an Legehennen (Wachtel und Huhn) waren in ihrer gesamten Ausprägung von einer massiven Verzehrsdepression überlagert. Im Wachtelversuch W1 konnte dabei für alle Lignindosierungen (2,5, 5 und 7,5 % Ligninanteil) schon rein optisch (ein Futterverzehr wurde in den Wachtelversuchen nicht gemessen) eine erheblich reduzierte Nahrungsaufnahme beobachtet werden. Deshalb ist die fast vollständige Einstellung der Legetätigkeit bei den Lignintieren nur unter diesem Aspekt zu sehen. In Wachtelversuch W2 (0,5, 1,5 und 2,5 % Lignin) war dagegen die Futteraufnahme so wenig beeinflusst, daß zumindest keine augenscheinlichen Verzehrsunterschiede mehr festzustellen waren. Der deutliche und signifikante Abfall (26 %) der kumulativen Legeleistung (Gesamtwert über 39 Tage) der Tiere mit 2,5 % Ligninanteil im Futter gegenüber dem Vorperiodenwert (93%) kann allerdings auch nur mit einer unzureichenden Nährstoffversorgung, resultierend aus einer verringerten Futteraufnahme, sinnvoll erklärt werden. Lignindosierungen von 0,5 und 1,5 % zeigten keine so deutlichen Einflüsse auf die Legeleistung wie die 2,5 %ige Ligninzulage, obwohl auch noch bei der 1,5 % Ligningruppe ein Abfall in der Legeleistung (bezogen auf den letzten Versuchsabschnitt) um 9 % gegenüber dem Ausgangswert zu verzeichnen war.

Auffallend war, daß der 2,5 %ige Ligninzusatz in W1 ein Absinken der Legeleistung auf 2,8 % zur Folge hatte (Vorperiode: 81 %), während in W2 nur ein Abfall um 26 % unter den Ausgangswert zu verzeichnen war. Die Ursachen für dieses unterschiedliche Verhalten der Tiere können nicht genau abgeklärt werden. Ein Grund kann möglicherweise in der Verwendung einer anderen Lignincharge in W2 gefunden werden. Unverkennbar bleibt dennoch, daß ein 2,5 %iger Ligninanteil im Futter deutlich negative Auswirkungen auf die Legeleistung hatte, so daß die kritische Schwelle bei der Wachtel unterhalb dieser Dosierung angesiedelt sein dürfte.

Im Hühnerversuch wurde der Futterverzehr der Versuchstiere bestimmt. Hier konnte deshalb unschwer die Ursache für den drastischen Lebendmasseverlust und den massiven Rückgang in der Legeleistung der Lignintiere gefunden werden. In allen Lignindosierungen (1, 2 und 3 %) wurde ein reduzierter Futterverzehr gemessen. Dabei betrug der kumulative Verzehrswert über die ersten drei Versuchswochen bei den 1 % Lignintieren nur etwa die Hälfte, bei den 2 und 3 % Ligningruppen sogar nur 27 bzw. 24 % des Wertes für den Futterverzehr der Kontrollgruppe. Diese Ergebnisse erklären hinreichend den Verlust an Lebendmasse und den Rückgang in der Legeleistung bei den Lignintieren. Die Versuchsergebnisse der 7. und 8. Versuchswoche konnten diese Zusammenhänge bestätigen.

Die Ursache für diese schwerwiegende Verzehrsdepression ist unbekannt. Eine geschmackliche Irritation bei der Futteraufnahme durch im Futter enthaltenes Lignin scheint nahezuliegen. Allerdings ist auch bekannt, daß Geflügel bei der Nahrungsaufnahme nicht so sehr auf geschmackliche als vielmehr auf taktile Reize reagiert. So wird beispielsweise die Aufnahme von feingemahlenem Futterstaub (z.B. SCP-Staub) verweigert, während das gleiche Futter in Form von Pellets angeboten, ohne Schwierigkeiten aufgenommen wird (GROPP et al., 1980). Die relativ stärkere Verzehrsdepression bei den Hennen gegenüber den Wachteln (mehlförmiges gegenüber pelletiertem Futter) könnte darauf zurückzuführen sein.

Als Grund für die Farbabweichung des Dotters bei den Wachteln mit 2,5 % Ligninanteil im Futter gegenüber den Eiern der übrigen Versuchsgruppen kann Lignin nicht ausgeschlossen werden. Allerdings war die Beurteilung der Färbung durch den intensiven eigenen Farbton des Dotters (β -Carotin-Gehalt) sehr erschwert. Zudem handelte es sich bei der Farbabweichung nicht um eine Tönung im Sinne der Plasmaverfärbung beim Ferkel (blau-violett), sondern

mehr um eine Verstärkung des eigenen Farbgrundtons. Ein möglicherweise erhöhter β -Carotin-Gehalt in den Dottern der 2,5 % Lignintiere auf Grund ihrer verminderten Legeleistung ist in Betracht zu ziehen. Gegen eine ligninbedingte Verfärbung spricht auch, daß das Plasma, subjektiv beurteilt, nicht verändert war.

Bei der Untersuchung des Hühnerplasmas der Lignintiere auf eine Verfärbung konnte ebenfalls keine Farbabweichung zum Plasma der Kontrolltiere festgestellt werden. Dies konnte wegen des erheblich reduzierten Futterverzehr auch nicht unbedingt erwartet werden.

Vorläufig muß aus den vorliegenden Ergebnissen beim Geflügel geschlossen werden, daß bereits geringe Ligningaben zu einer ausgeprägten Verzehrsdepression führten. Endgültige Aussagen bezüglich der Plasmafarbe könnten erst getroffen werden, wenn es gelingt mit geeigneten Maßnahmen einer Verzehrsdepression zu begegnen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

An Kälbern, Legehennen, Legewachteln (Cot. cot. jap.) und Ratten wurden Versuche mit dem Futter zugesetzten Lignin durchgeführt, um die Wirkung von Lignin auf die Verbesserung der Kotkonsistenz in der Durchfallprophylaxe sowie hinsichtlich einer eventuellen Plasmaverfärbung zu untersuchen.

Bei milchaustauschernährten Kälbern wurde durch gestaffelte Gaben von Saccharose und Fructose bzw. von Saccharose allein, eine fermentative Diarrhoe unterschiedlicher Intensität induziert. 5 % Ligninzusatz zum Futter bewirkten eine Erhöhung der Kottrockensubstanz sowie der Kotwasserausscheidung und - eine allerdings geringe - Verminderung der Verdaubarkeit der Futtertrockensubstanz (ohne Lignin) und von Rohprotein. Die Verbesserung der Kotkonsistenz war bei stärkerer Abweichung von der Norm geringer ausgeprägt als bei kleineren Differenzen (Kot-TS: 7,9, 8,5, 10,8 bzw. 13,9 %; Anhebung durch Lignin 2,0, 2,3, 3,7 bzw. 5,9 %).

Bei Legehennen führten 1, 2 und 3 % Lignin im Futter zu einer mit steigender Lignindosierung zunehmenden Verzehrdepression, die sich innerhalb von 3 Versuchswochen in einem deutlichen Rückgang der Legeleistung und der Lebendmasse bemerkbar machte.

Bei Legewachteln führten - wahrscheinlich aus demselben Grund - 2,5 % und höhere Lignindosierungen ebenfalls zu einer Verminderung der Legeleistung.

Ratten reagierten, mit Ausnahme einer kaum dosisabhängigen Erhöhung des Kottrockensubstanzgehaltes, nicht auf Ligninzusätze im Futter zwischen 1,5 und 3 %.

Bei allen untersuchten Tierarten konnte eine Plasmaverfärbung als Folge der Ligninverabreichung nicht beobachtet werden. Die Dotter der Wachteleier von Tieren mit 2,5 % Ligninanteil im Futter erschienen allerdings intensiver gefärbt.

5.1 SUMMARY

TESTS FOR DIFFERENT LIGNIN EFFECTS IN VEAL CALVES, RATS, LAYING HENS AND QUAILS

Lignin (Organosolv-Lignin) supplemented diets were applied to veal calves, rats, laying hens and quails in order to study its effect on improving feces consistence in diarrhoea prophylaxis and a possible discolouration of blood plasma.

By feeding sucrose and fructose or sucrose alone to milk replacer fed calves at graded levels, various intensities of fermentative diarrhoea were induced. 5 % added lignin led to an increase in fecal dry matter and fecal water excretion as well as to a minor decrease in the digestibility of feed dry matter (without lignin) and of dietary crude protein. The improvement of feces consistence achieved by 5 % lignin was better when levels of diarrhoea were low (fecal dry matter: 7.9, 8.5, 10.8 and 13.9; increase by lignin to 9.9, 10.8, 14.5 and 19.8 %, respectively).

With laying hens lignin concentrations of 1, 2 and 3 % led to corresponding reductions in feed intake resulting in a significant deterioration of laying performance and a loss of body weight within three experimental weeks.

A similar reduction in laying performance was observed with laying quails for lignin concentrations of 2.5 % and higher and presumably is due also to reduced feed intake.

Rats failed to respond to lignin concentrations of between 1.5 and 3 %, except for an observed increase in fecal dry matter which proved to be hardly dose dependent.

Discolouration of blood plasma as a result of lignin intake could not be demonstrated. However, the colour of quail egg yolk seemed slightly darker when 2.5 % lignin was fed.

6. Anhang

Tabelle A1: Chromoxid- und Rohproteingehalt (%) in der Kottrockensubstanz in K1 - K3
Mittelwerte mit Standardabweichung

Versuch	K1		K2		K3	
Code-Nr. Lignin (%)	(1) -	(2) 5	(1) -	(2) 5	(1) -	(2) 5
Chromoxid (<u>±s</u>)	4,23 0,99	2,75 0,56	4,76 1,02	2,94 0,31	7,57 0,87	3,27 0,51
Rohprotein (<u>±s</u>)	25,60 5,84	16,68 3,93	30,50 5,35	19,75 4,04	32,56 2,93	21,62 3,50

Tabelle A2: Chromoxid- und Rohproteingehalt (%) in der Kottrockensubstanz in K4
Mittelwerte mit Standardabweichung

	Chromoxid- gehalt	Rohprotein- gehalt
3. Versuchstag	7,36 (<u>±s</u> =1,98)	29,62 (<u>±s</u> =3,06)
4. Versuchstag	6,66 (<u>±s</u> =1,86)	29,02 (<u>±s</u> =1,99)
5. Versuchstag	6,31 (<u>±s</u> =1,21)	29,72 (<u>±s</u> =2,19)
6. Versuchstag	5,11 (<u>±s</u> =0,38)	23,59 (<u>±s</u> =3,65)
7. Versuchstag	3,91 (<u>±s</u> =0,16)	20,82 (<u>±s</u> =2,31)
8. Versuchstag	3,86 (<u>±s</u> =0,94)	21,13 (<u>±s</u> =4,20)
9. Versuchstag	5,41 (<u>±s</u> =0,91)	25,07 (<u>±s</u> =1,61)
10. Versuchstag	7,25 (<u>±s</u> =1,36)	31,01 (<u>±s</u> =2,56)
11. Versuchstag	7,25 (<u>±s</u> =1,29)	29,62 (<u>±s</u> =4,03)
12. Versuchstag	6,57 (<u>±s</u> =1,69)	30,43 (<u>±s</u> =2,40)
13. Versuchstag	7,61 (<u>±s</u> =1,55)	32,99 (<u>±s</u> =3,34)

7. LITERATURVERZEICHNIS

ADLER, E. (1977):

Lignin chemistry - past, present and future.
Wood Sci. Technol. 11, 169-218

BERGNER, H., M. LÜCK und J. MÜLLER (1981):

Untersuchung zur Sorption von Aminosäuren an Diätkomponenten.
Arch. Tierernährung 31, 265-271

BJÖRKMAN, A. (1956):

Studies on finely divided wood.

1. Extraction of lignin with neutral solvents.
Sven. Papperstid. 59, 477-485

BJÖRKMAN, A. (1957):

Studies on finely divided wood.

5. The effect of milling.
Sven. Papperstid. 60, 329-335

BRAUN, R. (1947):

Über die Adsorption von Bakterien in Magen und Duodenum durch
Perlisan.
Diss. med., München

BUTLER, J.H.A. und J.C. BUCKERFIELD (1979):

Digestion of lignin by termites.
Soil Biol. Biochem. 11, 507-513

CHANG, M.L.W. und M.A. JOHNSON (1980):

Effect of lignin versus cellulose on the absorption of tauro-
cholate and lipid metabolism in rats fed cholesterol diet.
Nutr. Rep. Int. 21 (4), 513-518

CHAVES, C.M., J.E. MOORE, H.A. MOYE und W.R. OCUMPAUGH (1982):

Separation, identification and quantification of lignin saponi-
fication products extracted from digitgrass and their relation
to forage quality.
J. Anim. Sci. 54, 196-203

CRAMPTON, E.W. (1940):

Weakness in feedstuff analysis.
Feedstuffs 12, 16

CRAMPTON, E.W. und L.A. MAYNARD (1938):

The relation of cellulose and lignin content to the nutritive
value of animal feeds.
J. Nutr. 15, 383-395

- CRAWFORD, R.L. (1981):
Lignin biodegradation and transformation.
Wiley-Interscience, N.Y.
- CRAWFORD, R.L. und D.L. CRAWFORD (1978):
Radioisotopic methods for the study of lignin biodegradation.
Dev. Ind. Microbiol. 19, 35-49
- DOLLAR, A.M. und J.W.G. PORTER (1957):
Utilization of carbohydrates by the young calf.
Nature 179, 1299-1300
- DROCHNER, W. (1979):
Zur Trockensubstanz- und Wasserpassage im Magen-Dünndarm-Bereich
wachsender Schweine in Abhängigkeit vom Rohfasergehalt der Nah-
rung.
Z. Tierphysiol., Tierernährung und Futtermittelkunde 42, 13
- DROCHNER, W. und A.S. HAZEM (1975):
Einfluß von Strukturstoffen im Futter auf die Passagegeschwin-
digkeit der Nahrung sowie Verdauungsvorgänge im Blinddarm des
Ferkels.
Übers. Tierernährung 3, 311-312
- EBERHARD, K.P. (1973):
Beitrag zur Saccharose- und Fructose-Verwertung des Mastkalbes.
Diss. med. vet., München
- ERICKSON, M., S. LARSON und G.E. MIKSCHKE (1973):
Zur Struktur des Lignins der Fichte.
Acta Chem. Scand. 27, 903-914
- ERICKSON, M. und G.E. MIKSCHKE (1974):
Two dibenzofurans obtained on oxidative degradation of the moss
Polytrichum commune Hedw.
Acta Chem. Scand. 28, 109-113
- FAHEY, G.C., J.E. WILLIAMS und G.A. McLAREN (1976):
Influence of molasses lignin-hemicellulose fraction in rat
nutrition.
J. Nutr. 106, 1447-1451
- FAHEY, G.C., Jr., G.A. McLAREN und J.E. WILLIAMS (1979):
Lignin digestibility by lambs fed both low quality and high
quality roughages.
J. Anim. Sci. 48, 941-946
- FAHEY, G.C., Jr., S.Y. AL-HAYDARI, F.C. HINDS und D.E. SHORT
(1980):
Phenolic compounds in roughages and their fate in the digestive
system of sheep.
J. Anim. Sci. 50, 1165-1172

- FAHEY, G.C., Jr. und H.G. JUNG (1983):
Lignin as a marker in digestion studies: A review.
J. Anim. Sci. 57, 220-225
- FECKL, J. (1981):
Gewinnung und Fraktionierung von Lignin-Polysaccharid-Komplexen.
Diss. Forstwissenschaft, München
- FECKL, J. (1982a):
Kurzvortrag über das Organosolv-Verfahren.
Kolloquium in Hamburg bei der BFA für Forst- und Holzwirtschaft.
- FECKL, J. (1982b):
Persönliche Mitteilung
- FENGEL, D. (1970):
Ultrastructural behavior of cell wall polysaccharides.
Tappi 53, 497-503
- FENGEL, D., G. WEGENER, A. HEIZMANN und M. PRZYKLENK (1978):
Analyse von Holz und Zellstoff durch Totalhydrolyse mit Tri-
fluoressigsäure.
Cell. Chem. Technol. 12, 31-37
- FENGEL, D., G. WEGENER und J. FECKL (1981a):
Beitrag zur Charakterisierung analytischer und technischer Lignine. Teil 1: Chemische Analysen.
Holzforschung 35, 51-57
- FENGEL, D., G. WEGENER und J. FECKL (1981b):
Beitrag zur Charakterisierung analytischer und technischer Lignine. Teil 2: Physikalisch-chemische und elektronenmikroskopische Untersuchungen.
Holzforschung 35, 111-118
- FONNESBECK, P.V., L.E. HARRIS und L.C. KEARL (1974):
Digestion of plant cell walls by animals.
J. Anim. Sci. 39, 182
- FORBES, R.M. und W.P. GARRIGUS (1948):
Application of a lignin ratio technique to the determination of the nutrient intake of grazing animals.
J. Anim. Sci. 7, 373
- FREUDENBERG, K. (1968):
The constitution and biosynthesis of lignin.
In: Constitution and biosynthesis of lignin (Hrsg.: Neish, A.C. und K. Freudenberg).
Springer-Verlag, N.Y., pp. 47-122

FREUDENBERG, K., C.L. CHEN und G. CARDINALE (1962):
Die Oxydation des methylierten natürlichen und künstlichen
Lignins.
Chem. Ber. 95, 2814-2828

GENDLER, J.L., D.T.A. HUIBERS und H.J. PARKHURST, Jr. (1983):
Hydroxy-aromatics from lignin hydrogenolysis.
In: Wood and agricultural residues (Hrsg.: Ed J. Soltes).
Academic Press, N.Y.

GLASSER, W. und C.A. BARNETT (1979):
The structure of lignin in pulps. II. A comparative evaluation
of isolation methods.
Holzforschung 33, 78-86

GOLDSTEIN, I.S. (1975):
Potential for converting wood into plastics.
Science 189, 847-852

GORDON, A.J. (1978):
The chemical structure of lignin and quantitative and qualita-
tive methods of analysis in feedstuffs.
In: Topics in dietary fiber research (Hrsg.: G.A. Spiller).
Plenum Press, N.Y.

GRANT, R.J., P.J. VAN SOEST, R.E. McDowell und C.B. PEREZ
(1974):
Intake, digestibility and metabolic loss of napier grass by
cattle and buffaloes when fed wilted, chopped and whole.
J. Anim. Sci. 39, No.2, 423-434

GRISEBACH, H. (1977):
Biochemistry of lignification.
Naturwissenschaften 64, 619-625

GROPP, J. (1973):
Studien über die Verwertung von Nahrungskohlenhydraten beim
Mastkalb.
Z. Tierphysiol., Tierernährung und Futtermittelkunde 32 (H2),
84-117

GROPP, J., K. KÖNIG und E. STADLER (1980):
Nebenwirkungen bei der Prüfung SCP-haltiger Diäten an Geflügel.
2. Symposium, Mikrobielle Proteingewinnung und Biotechnologie
Braunschweig-Stöckheim (Hrsg.: P. Präve, K. Schügerl und H.
Zucker).
Verlag Chemie, Deerfield Beach, Florida, Basel 1982

GROPP, J., A. OTT und H. ZUCKER (1983):
Versuchsbericht über die Auswirkungen eines Ligninzusatzes zum
Futter von Ferkeln und Kälbern auf Kotkonsistenz, Nährstoffver-
wertung sowie Plasmaverfärbung.
Unveröffentlicht

GROPP und ZUCKER (1984):
Versuchsbericht über die Auswirkungen von Invertzuckergaben zum
Futter von Kälbern und Jungschweinen.
Unveröffentlicht

HALE, E.B., C.W. DUNCAN und C.F. HUFFMAN (1940):
Rumen digestion in the bovine with some observations on the
digestibility of alfalfa hay.
J. Dairy Sci. 23, 953

HIGUCHI, T., M. SHIMADA, F. NAKATSUBO und M. TANAHASHI (1977):
Differences in biosynthesis of guaiacyl and syringyl lignins in
woods.
Wood Sci. Technol. 11, 153-167

HUBER, J.T., N.L. JACOBSON und R.S. ALLEN (1961a):
Digestive enzyme activities in the young calf.
J. Dairy Sci. 44, 1494-1501

HUBER, J.T., N.L. JACOBSON, A.D. MCGILLIARD und R.S. ALLEN
(1961b):
Utilization of carbohydrates introduced directly into the omaso-
abomasal area of the stomach of cattle of various ages.
J. Dairy Sci. 44, 321-330

JUNG H.G. und G.C. FAHEY, Jr., (1983):
Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: A re-
view.
J. Anim. Sci. 57, No.1, 206-219

KANE, E.A., W.C. JACOBSON und L.A. MOORE (1950):
A comparison of techniques used in digestibility studies with
dairy cattle.
J. Nutr. 41, 583-596

KERR, A.J. und D.A.J. GORING (1975):
The ultrastructural arrangement of the wood cell wall.
Cell. Chem. Technol. 9, 563-573

KEYS, J.E., Jr., P.J. VAN SOEST und E.P. YOUNG (1969):
Comparative study of the digestibility of forage cellulose and
hemicellulose in ruminants and nonruminants.
J. Anim. Sci. 29, 11-15

KEYS, J.E., Jr., P.J. VAN SOEST und E.P. YOUNG (1970):
Effect of increasing dietary cell wall content on the digesti-
bility of hemicellulose and cellulose in swine and rats.
J. Anim. Sci. 31, 1172-1177

KIRK, T.K. (1971):
Effects of microorganisms on lignin.
Ann. Rev. Phytopathol. 9, 185-210

KLAUSMEIER, W.H. (1983):

Configurations for a forest refinery - an interim report.
In: Wood and agricultural residues (Hrsg.: Ed J. Soltes).
Academic Press, N.Y.

KLONER, A. (1984):

Diss. med. vet. in Vorbereitung, München

KOTB, A.R. und T.D. LUCKEY (1972):

Markers in nutrition.

Nutr. Abstr. Rev. 42, 813-839

KROMBACH, F. (1981):

Rohfaserwirkungen auf Passagerate und die Verdaulichkeit von
Energie, Rohfaser, Cellulose und Chitin bei Krallenaffen.
Diss. med. vet., München

MANDELS, M., J.KOSTICK und R. DARIZEK (1971):

The use of absorbed cellulose in the continuous conversion of
cellulose to glucose.

J. Polym. Sci. Part C 36, 445-459

McLAREN, G.A., G.C. FAHEY, Jr., J.E. WILLIAMS und M.A. BLONDIN
(1973):

Influences of non-dialyzable fractions of cane sugar products on
rat basal metabolism and growth.

Nutr. Rep. Int. 8, 175-180

McLAREN, G.A., S.L. CUPPETT, J.E. WILLIAMS, G.C. FAHEY, Jr. und
T.R. SMITH (1974):

Acid-resistant hemicellulose fractions in rat nutrition.

Nutr. Rep. Int. 10, 163-172

MIKSCH, G.E. und S. YASUDA (1978):

Lignin of "giant" mosses and some related species.

Phytochemistry 17, 503-504

MOO-YOUNG, M., A.J. DAUGULIS, D.S. CHAHALL und D.G. McDONALD
(1979):

The Waterloo Process for SCP production from waste biomass.

Proc. Biochem. 14, 38-40

MORRISON, H.L., P.W. WALDROUP, D.F. GREENE und E.L. STEPHENSON
(1968):

Determination of the metabolizable energy and feeding value of a
lignin sulfonate pellet binder.

Poultry Sci. 47, 592-597

MUNTIFERING, R.B. (1982):

Evaluation of various lignin assays for determining ruminal
digestion of roughages by lambs.

J. Anim. Sci. 55, 432-438

NIMZ, H. (1974):

Das Lignin der Buche. Entwurf eines Konstitutionsschemas.

Angew. Chem. 86, 336-344

OTT, A. (1983):

Auswirkungen eines Ligninzusatzes zum Futter auf die Nährstoffverwertung bei Ferkeln.

Diss. med. vet., München

PAGE, D.H. (1976):

A note on the cell wall structure of softwood tracheids.

Wood and Fiber 7, 246-248

PEW, J.C. und P. WEYNA (1962):

Fine grinding, enzyme digestion and the lignin-cellulose bond in wood.

Tappi 45, 247-256

PRAETORIUS, P. (1954):

Holzzellstoff und Papier.

In: Chemische Technologie des Holzes (Hrsg.: H. Gläser, F. Flügge, H. Scholler, P. Praetorius).

Carl Hauser Verlag, München

RADOSTITS, O.M. und J.M. BELL (1970):

Nutrition of the pre-ruminant dairy calf with special reference to the digestion and absorption of nutrients: A review.

Canad. J. Anim. Sci. 50, 405-452

RICKE, S.C., P.J. VAN DER AAR, G.C. FAHEY, Jr. und L.L. BERGER (1982):

Influence of dietary fiber on performance and fermentation. Characteristics of gut contents from growing chicks.

Poultry Sci. 61, 1335-1343

ROBBINS, J.E., M.T. ARMOLD und S.L. LACHNER (1979):

Methane production from cattle waste and delignified straw.

Appl. Environ. Microbiol. 38, 175-177

ROTSTEIN, O.D., R.M. KAY, M. WAYMAN, K.P. SIU und S.M. STRASBERG (1981a):

Effects of autohydrolysed lignin and lactulose on gallbladder bile composition in hamsters.

Nutr. Abstr. Rev. 52 (3), 197

ROTSTEIN, O.D., R.M. KAY, M. WAYMAN und S.M. STRASBERG (1981b):

Prevention of cholesterol gallstones by lignin and lactulose in the hamster.

Nutr. Abstr. Rev. 52 (9), 704

RUNKEL, R.O.H. und K.-D. WILKE (1951):
Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. Zweite
Mitteilung.
Holz Roh-Werkst. 9, 260-270

SACHS, L. (1974):
Angewandte Statistik.
Springer Verlag, 4. Auflage

SARKANEN, K.V. und H.L. HERGERT (1971):
Classification and distribution.
In: Lignins (Hrsg.: K.V. Sarkanen, C.H. Ludwig).
Wiley-Interscience, N.Y.

SARKANEN, K.V. und C.H. LUDWIG (1971):
Lignins: Occurrence, Formation and Reactions.
Wiley-Interscience, N.Y.

SCHIBALSKI, M. (1982):
Diss. med. vet. in Vorbereitung, Hannover
(zitiert nach OTT, 1983)

SCHNEIDER, R. und M. KIRCHGESSNER (1978):
Zellwandfraktionen und ihre Verdaulichkeit in Schweinefutter-
mitteln.
Landwirtschaftl. Forschung 31, 233-241

SCHÜRMANN, A.C. (1971):
Praxisversuche zur Behandlung von diarrhoischen Erkrankungen der
Ferkel mit dem Präparat "Porlisan".
Diss. med. vet., Hannover

SCHWARZBACH, W. (1981):
Untersuchungen zur Verdaubarkeit von Rohprotein und Futterenergie
in Abhängigkeit von Wassertemperatur und Fütterungsniveau
bei Regenbogenforellen.
Dipl. Biol., Hamburg

SELKE, S.M., M.C. HAWLEY und D.T.A. LAMPORT (1983):
Reaction rates for liquid phase HF saccharification of wood.
In: Wood and agricultural residues (Hrsg.: Ed J. Soltes).
Academic Press, N.Y.

SHAFIZADEH, F. (1983):
Thermal conversion of cellulosic materials to fuel and chemicals.
In: Wood and agricultural residues (Hrsg.: Ed J. Soltes).
Academic Press, N.Y.

SHAH, N., M.T. ATALLAH, R.R. MAHONEY und P.L. PELLETT (1982):
Effect of dietary fiber components on fecal nitrogen excretion
and protein utilization in growing rats.
J. Nutr. 112, 658-666

SIDDONS, R.C. (1968):
Intestinal disaccharidases in the calf.
Proc. Nutr. Soc. 27, 18A

SIDDONS, R.C., R.H. SMITH, M.J. HENSCHER, W.B. HILL und J.W.G.
PORTER (1969):
Carbohydrate utilization in the pre-ruminant calf.
Brit. J. Nutr. 23, 333-341

THOMAS, R.J. (1983):
Wood anatomy and permeability.
In: Wood and agricultural residues (Hrsg.: Ed J. Soltes).
Academic Press, N.Y.

VAN DER AAR, P.J., G.C. FAHEY, Jr., S.C. RICKE, S.E. ALLEN und
L.L. BERGER (1983):
Effects of dietary fibers on mineral status of chicks.
J. Nutr. 113, 653-661

VAN SOEST, P.J. (1965):
Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage
by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composi-
tion and digestibility.
J. Anim. Sci. 24, 834-843

VAN SOEST, P.J. (1967):
Theoretical aspects of digestion. Presented at the Symposium on
Digestive Physiology in the Young Ruminant.
University of Maryland, March 20, 1967
(zitiert nach KEYS et al., 1969)

VAN SOEST, P.J. und R.W. McQUEEN (1973):
The chemistry and estimation of fibre.
Proc. Nutr. Soc. 32, 123-130

VELU, J.G., K.A. KENDALL und K.E. GARDNER (1960):
Utilization of various sugars by the young dairy calf.
J. Dairy Sci. 43, 546-552

WEGENER, G. (1980):
Unveröffentlicht
(zitiert nach FENDEL et al., 1981b)

WEGENER, G. und D. FENDEL (1977):
Studies on milled wood lignins from spruce. Part 1. Composition
and molecular properties.
Wood Sci. Technol. 11, 133-145

WEIJERS, H.A. und VAN DE KAMER (1965):

Alterations of intestinal bacterial flora as a cause of diarrhoe.

Nutr. Abstr. Rev. 35, 591-604

ZADRAZIL, F. (1977):

The conversion of straw into feed by basidiomycetes.

Eur. J. App. Microbiol. 4, 273-281

Herrn Prof. Dr. J. Gropp möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas und die freundliche, jederzeit gewährte Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit danken.

Für die Zusammenarbeit bei der Versorgung der Versuchstiere bin ich dem Tierpflegerpersonal des Oberwiesenfeldes zu Dank verpflichtet.

Darüberhinaus möchte ich mich bei Frau E. Stadler für ihr entgegenkommendes Interesse und ihre Unterstützung bei der Laborarbeit bedanken.

LEBENS LAUF

Rainer Stich

Geburtsdatum: 1. 4. 1955
Geburtsort: Wiesau / Bayern
Vater: Johann Stich
Mutter: Kunigunde Stich, geb. Schär1

Schule:
1961 - 1966 Volksschule in Wiesau
1966 - 1975 Stiftland-Gymnasium in Tirschenreuth
20. 6. 1975 Abitur

1975 - 1976 Pflichtwehrdienst

Ausbildung:
1976 - 1977 Studium der Pharmazie in Regensburg
1977 - 1983 Studium der Tiermedizin an der LMU
in München
11. 5. 1983 Tierärztliches Staatsexamen
11. 7. 1983 Approbation
seit 1. 8. 1983 Anfertigung der vorliegenden Arbeit

